



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Treball final de grau

Projecte de tractament de purins i el seu aprofitament energètic d'una granja porcina

Autor: Joan Guitart Badrenas

Director: José Juan de Felipe Blanch

Grau: Grau en Enginyeria de recursos energètics i miners

Data: Juny de 2016

Agraïments:

-Als familiars pel suport

-Al tutor per dirigir el projecte

- A l'explotació porcina per facilitar dades importants

Resum

El següent projecte consta del disseny d'una planta de tractament de purins mitjançant el sistema de digestió anaeròbia en una explotació porcina a petita escala.

En primer lloc s'explica quina és la situació de la problemàtica dels purins a Catalunya per tal d'entendre i justificar la necessitat de realitzar el projecte en el qual s'escull el tractament digestiu com a opció més adequada.

La digestió anaeròbia és un mètode bioquímic en el qual els microorganismes presents en els purins, en unes condicions de temperatura i temps de residència adequats, destrueixen la matèria orgànica per tal de convertir-la en biogàs; un combustible amb un poder calorífic equivalent a un 65 % de metà. Doncs bé, es decideix dissenyar un reactor de mescla completa sense recirculació per la facilitat de construcció i el consegüent baix cost que presentaria per una explotació domèstica. Un cop definit l'element principal, es dissenyen la resta de components tals com el dipòsit de recepció de les fosses dels purins, les bombes hidràuliques, el gasòmetre, etc.

Amb el biogàs obtingut, s'aconsegueix cobrir la demanda tèrmica de la granja de porcs de cycle tancat, mitjançant una caldera mural de condensació, més la calor requerida pel bescanviador de calor del serpentí del reactor. Amb l'excés de biogàs s'alimenta un generador de gas i es ven l'energia elèctrica a la xarxa de subministrament. No es realitza autoconsum per dues raons: la primera és que per les hores de funcionament del generador no és aconsellable pagar el peatge corresponent i, en segon lloc, perquè seria difícil controlar els consums elèctrics de la granja i, al mateix temps, cobrir la demanda tèrmica. El producte digerit se separa en dues fraccions mitjançant un tamís vibratori. Les dues fases es venen com a fertilitzant nitrogenat i aigua de reg.

Finalment es realitza la valoració econòmica obtenint un temps d'amortització baix amb uns ingressos complementaris a l'activitat ramadera.

Dels principals avantatges se'n destaca la facilitat de construcció i funcionament. Les tasques que es duen a terme a la granja són molt semblants a les que es farien en el tractament. D'aquesta manera s'assolirien els objectius de millorar la gestió dels purins i, obtenir-ne uns beneficis que actualment no tenen, de manera respectuosa amb el medi ambient.

Abstract

The following project consists of the design of treatment plant slurry through anaerobic digestion system in a pig farm on a small scale.

First it explains the situation of the problem of slurry in Catalonia in order to understand and justify the need for the project in which the treatment digestive chosen as the most appropriate option.

Anaerobic digestion is a biochemical method in which the microorganisms present in the slurry under conditions of temperature and residence time suitable destroy organic matter to convert it into biogas; a fuel with a calorific value equivalent to 65% of methane. Well, we decided to design a CMR without recirculation for ease of construction and the resulting low cost submitted by a domestic operation. Having defined the main design element, it designs other components such as the deposit receipt of slurry pits, hydraulic pumps, the gasometer, etc.

With biogas obtained, it gets to cover thermal demand of the pig farm closed cycle, through a condensing boiler mural, plus the heat required for the heat exchanger coil reactor. With excess biogas, it feeds gas powered generator and sell electricity to the mains. No consumption takes place for two reasons: the first one is that the operating hours of the generator is not advisable to pay the toll stipulated and, secondly, because it would be difficult to control the power consumption of the farm and at the same time cover thermal demand. The digested product is separated into two fractions using a vibrating screen. The two phases are sold as nitrogen fertilizer and irrigation water.

We carried out an economic evaluation obtaining repayment time with income below complementary livestock.

It highlights the main advantages of ease of construction and operation. The tasks carried out on the farm are very similar to those that would be made in treatment. Thus, the goals to improve the management of slurry and obtain benefits that do not currently have would be reached respecting the environment.

Índex

	Pàg.
1. Introducció	9
2. El sector porcí	10
3. Gestió dels purins	11
3.1 Problemàtica actual	11
3.2 Les zones vulnerables	13
4. Justificació del projecte	14
5. La digestió anaeròbia	15
5.1 Tipus de substrats utilitzats	16
5.2 L'efluent de la digestió anaeròbia	17
5.3 Fases de la digestió anaeròbia	18
5.4 Paràmetres ambientals	19
5.5 Paràmetres de funcionament	21
5.6 Models cinètics	23
6. Normativa de dejeccions ramaderes	25
6.1 Normativa europea	25
6.2 Normativa estatal	25
6.3 Normativa catalana	25
7. L'Activitat	28

7.1 Emplaçament	28
7.2 Descripció de l'activitat	29
7.3 Alimentació	31
8. Disseny del tractament	33
8.1 Caracterització de dejeccions	33
8.2 Volum de purí diari	34
8.3 Disseny del reactor	34
8.3.1 Dimensionat	34
8.3.2 Amidaments	38
8.3.3 Materials	41
8.3.4 Sistema d'agitació	45
8.3.5 Bescanviador de calor	47
8.3.6 Aïllament	52
8.4 Dimensionat de la caldera	56
8.5 Equips auxiliars	58
8.6 Generador de gas	59
8.7 Gasòmetre	62
8.8 Dipòsit de recepció i agitador vertical	64
8.9 Càlcul de les bombes	69
8.9.1 Bomba de la primera fossa	69
8.9.2 Bomba de la segona fossa	74
8.9.3 Bomba de l'afluent	77
8.9.4 Bomba de l'efluent	81
8.9.5 Elecció de les bombes	86
8.10 Separació sòlid-líquid	87

8.10.1	Producte digerit	87
8.10.2	Aparell de separació	88
9.	Avaluació del projecte	90
9.1	Costos de construcció	90
9.2	Cost total de construcció	94
9.3	Cost de funcionament	95
9.4	Costos addicionals	96
9.5	Previsió d'ingressos	97
9.5.1	Combustible	97
9.5.2	Transport	98
9.5.3	Venta de nitrogen	98
9.6	Amortització del projecte	99
10.	Estudi impacte ambiental i integració paisatgística	101
10.1	Ubicació	101
10.2	Geologia	102
10.3	Planejament	103
10.1	Ubicació	101
10.2	Geologia	102
10.4	Descripció del paisatge	105
10.4.1	Qualitat paisatgística i valors intrínsecs	105
10.4.2	Components i valors paisatgístics	106
10.4.3	Tipus de paisatge	107
10.4.4	Alternatives	107
10.4.5	Valoració de les transformacions i dels impactes	108

10.4.6 Estratègies, criteris i mesures d'integració	108
11. Conclusions	109
12. Bibliografia	110

1. Introducció

El següent treball té com a principal objectiu la realització d'un projecte dedicat a la millora de la gestió dels purins en una granja porcina domèstica. Per desenvolupar-lo s'han establert diferents punts que divideixen el projecte en diferents parts amb els corresponents objectius:

En primer lloc cal saber quina és la situació actual del sector porcí i la seva problemàtica associada a la difícil gestió dels purins, principalment pels nitrats i, finalment, justificar la realització del projecte proposant un mètode de tractament de purins anomenat digestió anaeròbia.

En segon lloc, explicar en què consisteix la digestió anaeròbia tenint en compte els aspectes més importants que conformen el tractament: els fluxos de matèria, els paràmetres de disseny, funcionament, etc.

Seguidament, recollir la normativa sobre les dejeccions ramaderes que permet contextualitzar el projecte en un marc legal.

A continuació se centra el nucli del treball amb el disseny del tractament de digestió anaeròbia. Per fer-ho s'han de dissenyar tots els components i/o escollir-los segons un criteri de decisió raonat. Cal, doncs, saber quin és el sistema més adequat per la instal·lació de l'activitat tenint en compte les dimensions de la granja, el bestiar, la quantitat de substrat disponible, etc. Un cop escollit, s'haurà de desenvolupar el disseny a partir de càlculs matemàtics de diferents àries de coneixement. Cal dir que l'objectiu principal, en aquest cas, tracta d'aconseguir la valorització més completa del substrat porcí per aconseguir, d'aquesta manera, rendiments econòmics i ambientals.

Un cop s'hagi complert el disseny del tractament, caldrà realitzar una avaluació des del punt de vista econòmic mitjançant el criteri d'amortització del projecte per saber si és rendible o no.

Finalment, treure unes conclusions a partir de tot allò que s'hagi après durant el desenvolupament del projecte i citar les fonts cercades per complementar la informació de tots els aspectes descrits.

2. El sector porcí

A Catalunya el sector agroalimentari té una gran importància (3,8 % de tot el VAB). El sector porcí representa el 32,4 % del producte agrari total català i una quarta part de les places de porcí de l'Estat espanyol. De fet, Catalunya és competitiva en aquest sector, com ho demostra el fet que té superàvit comercial a nivell internacional, tant en termes de volum (tones) com de valor. Cal tenir en compte que el sector porcí ocupa 21.000 persones a Catalunya. Aquest sector està integrat per una cadena de valor consistent en les explotacions ramaderes, els escorxadors i plantes d'especejament i filetejat, la indústria transformadora i la distribució. Al voltant d'aquestes fases centrals se'n desenvolupen moltes altres de complementàries com poden ser la investigació i desenvolupament dels pinsos, genètica, veterinària, la maquinària que intervé en les explotacions, etc.

El sector porcí es divideix en l'activitat ramadera consistent en la reproducció i l'engreix i, per altra banda, la industrial que consta del sacrifici i elaboració de productes alimentaris del porc. El 2012, el nombre d'explotacions ramaderes de Catalunya es repartien en 4.367 dedicades a l'engreix i 1.749 dedicades a la reproducció. Barcelona és la província amb més explotacions reproductores, mentre que Lleida concentra el gruix de les explotacions d'engreix.

Amb les dades més recents de l'Idescat, l'any 2013, el nombre d'explotacions porcines ascendia a 4.321 havent patit un descens al llarg de 10 anys del 32,76 %. També cal dir que el nombre de porcs no sempre havia presentat una tendència ascendent sinó que entre els anys 1999 i 2006 la tendència va ser negativa. En la taula 1 queda reflectida la situació actual.

	Garrins	Porcs<50 kg	Porcs d'engreix	Reproductors		Total
				Mascles	Truges	
Barcelona	627.344	434.185	574.130	1.294	201.484	1.838.437
Girona	195.552	248.613	381.649	512	47.050	873.376
Lleida	1.204.205	1.063.226	1.710.540	1.473	276.626	4.256.070
Tarragona	205.406	83.264	152.141	243	48.278	489.332
Total	2.232.507	1.829.288	2.818.460	3.522	573.438	7.457.215

Taula 1: Per províncies, nombre de caps de bestiar l'any 2014

Font: Idescat

3. Gestió dels purins

3.1 Problemàtica actual

La gestió dels residus ramaders a Catalunya ha estat i és un problema de difícil solució durant els darrers anys a causa de l'augment de les granges porcines, bovines i d'aviram que han suposat un increment dels purins de fins a 12,5 milions de m³ anuals. El purí és un element semi líquid ric en nitrogen, fòsfor i potassi, és a dir, NPK; un fertilitzant que conté els nutrients bàsics pel correcte creixement dels camps de conreu sempre i quan s'ajustin a les necessitats reals. I en aquesta part és on es troba la problemàtica ja que hi ha una oferta de purins molt superior a la demanda dels camps de conreu. Així, l'ús abusiu de fertilitzants inorgànics amb alt contingut de nitrogen pot afectar les aigües subterrànies de manera que al proliferar els bacteris del sòl que consumeixen el nitrogen disponible, augmenten les necessitats de fertilitzants nitrogenats. A més, l'aplicació de dosis excessives de fertilitzants amb un alt contingut en aigua afecta les propietats físiques del sòl. Fet que causa un increment de la lixiviació de substàncies contaminants com els nitrats (NO_3^-) i un deteriorament de la qualitat dels substrats fèrtils. L'excés de purins provoca una reducció del pH augmentant l'acidesa del sòl i pot arribar a deixar inservibles els conreus afectats.

Actualment es practica una agricultura i ramaderia intensiva. Grans camps de cultiu i explotacions ramaderes en granges. L'equilibri que existia entre les extraccions del sòl i la reincorporació de matèria residual a aquest substrat, està evidentment trencada. La importació de fertilitzants químics que ofereixen més alt rendiment també provoca una reducció de la dependència dels adobs agrícoles que s'acumulen sense un ús real.

Els efectes dels nitrats en la salut es basen en què, un cop ingerits per l'organisme humà, es redueixen a nitrits provocant la transformació de l'hemoglobina a metahemoglobina. L'hemoglobina s'encarrega del transport de l'oxigen a través dels vasos sanguinis i capil·lar. Però la metahemoglobina no és capaç de captar i cedir oxigen de forma funcional. La quantitat natural de metahemoglobina no supera el 2 % però entre el 5 i 10 % es manifesten els primers signes de cianosis. Per sobre del 10 i 20 % es produeix una insuficiència d'oxigen muscular i per sobre del 50 %, la mort. Els nitrits un cop formats poden reaccionar amb les amines, substàncies presents al nostre organisme, originant, nitroamines, un compost altament cancerigen en diversos òrgans del cos humà. La legislació de protecció de les aigües potables contra la contaminació per nitrats està establerta **Directiva 91/676/CE**. Així la concentració màxima admissible de nitrats a les aigües potables de consum públic és de 50 mg NO_3 per litre, mentre que de nitrits, el màxim permès és de 0,1 mg NO_2 per litre. A Catalunya la concentració de nitrats ha arribat a quatre vegades la màxima admissible.

Els fertilitzants químics utilitzen més de 65.000 tones/any de nitrogen. Aquest valor representa un 90 % de tots els adobs orgànics generat a Catalunya.

No obstant, els residus ramaders són materials variables que depenen del tipus d'animal i de la seva alimentació. Així un vedell d'engreix de 350 kg alimentat amb pinso intensivament produeix uns 23 kg de fems i 20 l de purí al dia. En canvi porcs de 50-100 kg produeixen només 7 kg de fems i 6,5 l/ purí al dia. També obtenim composicions variables en quant a la relació carboni/nitrogen sent més baixa la dels porcs que no pas la dels vedells.

Amb el **Decret 136/2009** la Generalitat de Catalunya va posar en marxa el Pla de Gestió de dejeccions ramaderes que afecta a totes les explotacions ramaderes, tret de les que no comercialitzin la seva producció, les explotacions ecològiques i les totalment extensives amb una càrrega de pastura inferior a 80 kg N/ha i any. Tot propietari d'una explotació ramadera que generi purins ha d'acreditar que disposa de les hectàrees suficients (de d'altres propietaris) per abocar-los sense superar el límit permès, que dependrà de la qualitat de cada tipus de sòl. D'aquesta manera es defineix el concepte de **Terra entregada**. El propietari de l'explotació és l'encarregat de subministrar els purins ja sigui per mètodes propis a les terres circumdants o, si són a distàncies majors, han de llogar cisternes a tercers d'uns 0,7 €/m³ transportat per poder complir amb el Pla estipulat. El problema, doncs, no radica en la demanda d'hectàrees directament sinó de la seva capacitat d'absorció dels fertilitzants sense superar els límits que causarien els problemes esmentats anteriorment. El problema és que ningú pot controlar que s'estiguin abocant els metres cúbics necessaris perquè ni se sap la composició del purins ja que caldria fer un anàlisi químic a laboratoris preparats i també un anàlisi sobre les hectàrees on s'ha abocat per comprovar que, efectivament, no se superen els límits permesos. Per poder compensar aquests problemes, s'estan començant a implementar pinsos de més qualitat que permeten reduir la producció de nitrogen i així assegurar que els purins, especialment de porcs que com s'ha dit són els més problemàtics, permetin ser abocats en major quantitat per unitat de superfície.

Per altra banda, la solució més idònia era la construcció de centrals de cogeneració. Obtenir biogàs a partir de la digestió anaeròbia del purí i generar electricitat que se subministrava a la xarxa de subministrament elèctric i que també era possible l'obtenció de calor per assecar el fems. No obstant, a Catalunya l'any 2014, es van tancar sis plantes de cogeneració i assecat de purins degut a la supressió de les primes que estaven fixades pel Govern espanyol. Aquesta aturada va posar en greus problemes a 438 explotacions ramaderes catalanes ja que hi dipositaven 600.000 tonelades de purins que tractaven anualment aquestes instal·lacions.

També existeix la solució del compostatge que s'utilitza en gran mesura pel que fa als fems del bestiar, especialment, de tipus boví ja que és el que més en produeix. El

compostatge consisteix en un procés biològic aeròbic de descomposició dels residus orgànics en condicions controlades. El compost és un nutrient per al sòl, que millora l'estructura i ajuda a reduir l'erosió i l'absorció de l'aigua per part de les plantes.

3.2 Les zones vulnerables

El mateix Decret 136/2009 especifica a Catalunya diverses poblacions declarades com a vulnerables davant la contaminació per nitrats. En aquestes zones els productors agraris han de respectar unes normes més estrictes en relació amb la gestió de fertilitzants. La designació de noves zones vulnerables respon al compliment de la normativa europea i a l'increment de la concentració de nitrats registrat en els últims anys a Catalunya.

Així, el Govern va aprovar la proposta de revisió i designació de noves zones vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries. A Catalunya, entre el 2004 i el 2007, es va produir un increment de les concentracions de nitrats a les aigües subterrànies. Si la contaminació de nitrats de les aigües subterrànies es detecta amb molt retard, és molt difícil la desaparició dels contaminants. Per tot això, la quantitat màxima permesa és de 170 kg N/ha i any. **(Veure punt 1 i 2 d'annex Figures).**

A continuació s'exposen les poblacions de la Catalunya Central que s'especifiquen en el DARP (Departament d'agricultura, ramaderia i pesca) seguint el Decret 136/2009. Observem com la localitat on es pretén fer el projecte, Cardona, es troba en una zona vulnerable. Concretament la número 10.

Osona: Collsuspina, Lluçà, Olost, Oristà, Prats de Lluçanès i Sant Martí d'Albars.

Anoia: els Prats del Rei i Sant Martí Sesgueioles.

Bages: Artés, Avinyó, Balsareny, Callús, **Cardona**, Castellnou de Bages, l'Estany, Fonollosa, Gaià, Manresa, Moià, Navàs, Sallent, Sant Feliu Sasserra, Sant Fruitós de Bages, Sant Joan de Vilatorrada, Sant Mateu de Bages, Sant Salvador de Guardiola, Santa Maria d'Oló, Santpedor i Súria.

Berguedà: Avià, Berga, Casserres, l'Espunyola (excloent l'enclavament entre Navès i Montmajor), Gironella, Montclar, Montmajor (només l'enclavament entre Navès i Viver i Serrateix), Olvan, Puig-reig, Sagàs, Santa Maria de Merlès i Viver i Serrateix.

Solsonès: Clariana de Cardener, la Molsosa, Olius, Pinós, Riner i Solsona.

4. Justificació del projecte

El projecte que es pretén realitzar té l'objectiu de **millorar la gestió dels purins**, en aquest cas, d'una granja porcina en concret a nivell domèstic mitjançant un tractament de les dejeccions ramaderes amb un sistema de **digestió anaeròbia**. D'aquesta manera es preveu que ajudi a reduir la problemàtica en diversos aspectes:

-La majoria de granges de Catalunya no tenen més remei que sobresaturar els camps de conreu perquè no tenen disponibilitat de repartir els purins porcins en més hectàrees. Com s'ha esmentat, els Plans de Gestió no preveuen l'anàlisi de les superfícies entregades i no existeix cap control real provocant contaminacions als aqüífers i fent malbé els conreus. Aplicant un tractament digestiu, es reduirà el residu final fent-lo més estable que es pot reutilitzar i aplicar al sòl, sobretot després d'una etapa de maduració. Permet produir biogàs, és a dir, és un mètode de producció d'energia renovable que podrà tenir una valorització energètica per tal de cobrir diferents necessitats tèrmiques de les instal·lacions agrícoles amb estalvi econòmic i intentant recuperar la inversió gràcies als sistemes adequats.

-A l'aplicar aquest projecte en una granja també serà extrapolable a les diverses explotacions ramaderes, com a mínim similars, que presentin problemes relacionats i no tinguin cap central de cogeneració disponible per poder portar-hi els purins.

-Destruïx part dels patògens (en més o menys grau en funció de la temperatura) proporcionant una higienització parcial.

-Un aspecte molt important, tot i que aparentment no ho pugui semblar, és el de les males olors i és que els purins contenen una alta proporció d'amoni que un cop s'estén per les superfícies agrícoles es volatilitza. De fet de les males olors que provenen de les granges, un 40 % són de l'aplicació al sòl.

-Facilita possibles tractaments posteriors en el cas de què es vulgui tractar el residu com per exemple l'assecatge tèrmic. Un separador sòlid líquid permet que per la mateixa quantitat de nitrogen (no varia amb la digestió anaeròbia) s'hagi de transportar menys quantitat de fertilitzants a la terra. Així existeix un estalvi en el nombre de viatges del camió cisterna que transporta els purins i es tradueix en un estalvi econòmic.

És clar que també s'hauran de tenir en compte els aspectes que no són positius com per exemple els costos d'inversió que limitaran fortament el sistema empleat, els materials, etc. També és necessari avaluar els costos d'operació i manteniment, per tant, caldrà avaluar les opcions i estimacions que es prenguin ja que l'objectiu principal és la seva utilitat real i pragmàtica.

5. La digestió anaeròbia

La digestió anaeròbia és un procés biològic que consisteix en la descomposició de la matèria orgànica (proteïnes, glúcids i lípids) en diferents productes gasosos o **biogàs** en condicions d'absència d'oxigen i mitjançant l'acció d'un grup de bacteries determinades. Aquest biogàs està format per metà (CH_4), diòxid de carboni (CO_2), hidrogen (H_2), àcid sulfhídric (H_2S), etc. D'aquest procés també se'n obté un producte format per components minerals (N, P, K, Ca, etc.) i compostos de difícil degradació. De tots els productes del biogàs, el metà (8.600 kcal/m^3) és el que es presenta en major proporció amb valors d'entre el 50-70 % amb una potència calorífica de l'ordre de 5500 kcal/m^3 pel que fa viable el seu aprofitament energètic mitjançant la seva combustió en motors, turbines o calderes. Per tenir informació comparativa respecte d'altres combustibles s'adjunta la següent taula:

Combustible	Alcohol combustible	Gasolina	Gas natural	Electricitat	Fusta	Fuel-oil	Carbó
Quantitat	1,2 litres	0,8 litres	0,6 m ³	6,8 kWh	1,5 kg	0,71	0,3 kg

Taula 2: Equivalència d'1 m³ de biogàs (70 % CH_4 + 30 % CO_2) $\approx 5500 \text{ kcal}$ Font: Idae

Cal dir que aquest procés és anàleg al procés que té lloc a l'estómac dels animals, els aliments es degraden i se'n obté un residu orgànic i metà. La tecnologia de la digestió anaeròbica (Figura 1), doncs, es basa en imitar la natura i reproduir aquest procés en digestors a escala industrial. En el cas de què el procés es portés a terme en presència

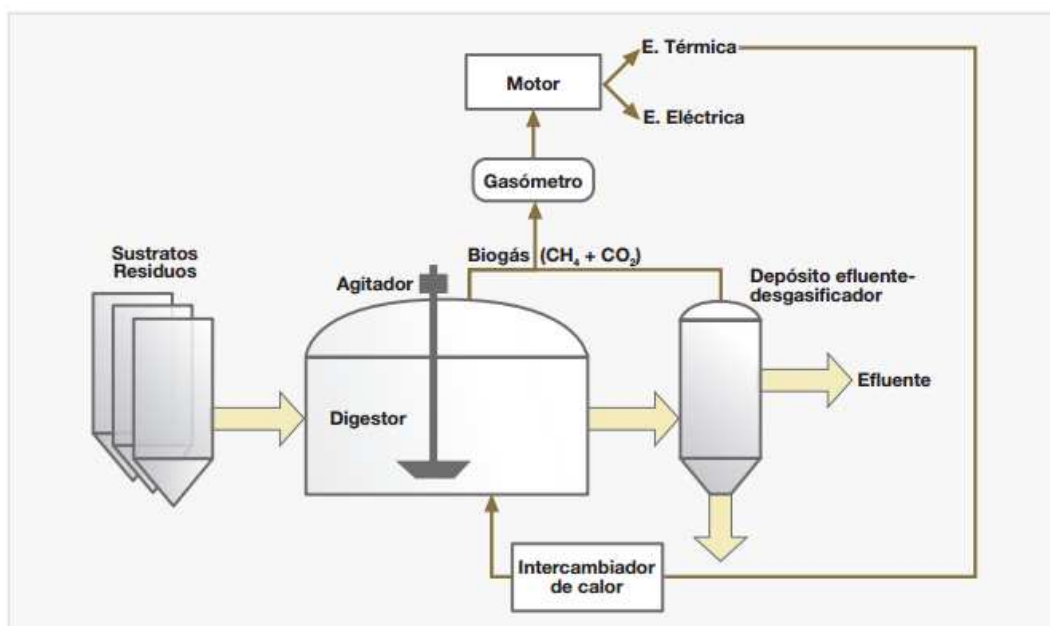


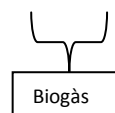
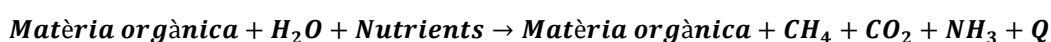
Figura 1: Procés esquemàtic d'una planta de biometanització Font: google imatges

d'oxigen s'obtidria un compostatge com s'ha fet tradicionalment als femers obtenint un producte orgànic degradat que es pot usar com a fertilitzant o esmena orgànica per al sòl.

La digestió anaeròbica es pot aplicar, entre d'altres, a residus agrícoles, ramaders així com els residus de les indústries de transformació d'aquests productes (Taula 3). Entre els residus es poden citar purins, fems, excedents de la recol·lecció, etc. Aquests productes es poden tractar de forma independent o junts, mitjançant una codigestió que permet compensar les carències d'un residu amb les fortaleses d'un altre. Per tant, es possible utilitzar aquest procés en residus que siguin líquids, continguin material fermentable i que tinguin una composició i concentració relativament estable.

No obstant, cal tenir en compte que el procés de digestió anaeròbia **no elimina nitrogen**, i per tant, no es podrà fer servir per modificar el Pla de Gestió que contempla reduir les superfícies entregades si existeix un tractament de desnitrificació.

La reacció química que descriu el procés de digestor anaeròbia és la següent:



5.1 Tipus de substrats utilitzats

Residus d'origen animal	Fems, purins, llits de granges, residus d'escorxadors, residus de peixos
Residus d'origen vegetal	Restes de recol·lecció, palla, farratge, restes de fruites
Residus agroindustrials	Restes de llavors i pinsos
Residus forestals	Fulles, rames, escorces
Residus de cultius aquàtics	Algues marines
Altres	Fangs de depuradora, escombraries, aigües residuals

Taula 3: Exemples de substrats per ser digerits

Font: FAO

Les característiques bioquímiques que presentin aquests residus han de permetre el desenvolupament de l'activitat microbiana del sistema aneròbic. El procés microbiològic no només requereix de fonts de carboni i nitrogen sinó també de sals minerals.

5.2 L'efluent de la digestió anaeròbia

Fins ara s'han explicat dos tipus de components que interactuen en un digester anaeròbic: el biogàs i l'afluent o substrats. El tercer component principal és l'efluent.

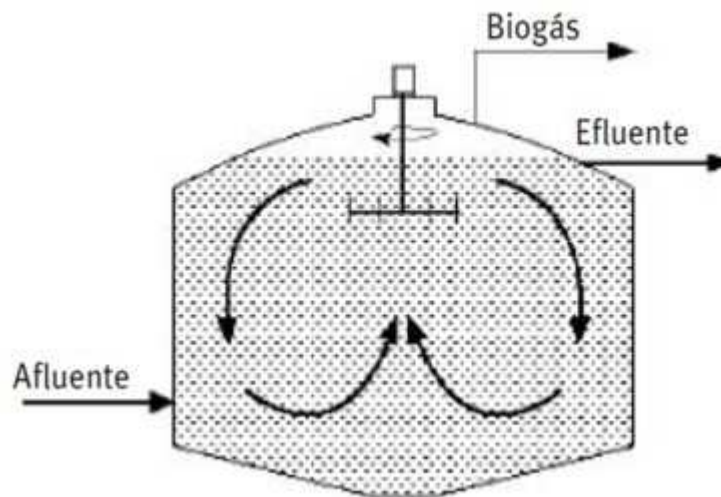


Figura 2: Reactor anaeròbic on s'aprecien els tres components bàsics Font: GIRO

L'efluent (Figura 2) és el residu de la fermentació metànica i consisteix en una suspensió de color gris fosc, sense olors ofensius, formada per una mescla de sòlids de mida i consistència variable, els quals es troben en suspensió o dispersos en medi aquós, formats bàsicament per compostos ja estabilitzats difícilment digeribles i alguns compostos orgànics simples fàcilment assimilables pels vegetals.

L'augment relatiu de riquesa de nitrogen, fòsfor, potassi i altres components minerals que experimenten els residus metanogènics (alt contingut en metà) com a conseqüència de la mineralització provocada pel procés de la digestió anaeròbia, causa una disminució del contingut de matèria orgànica en l'efluent. Aquesta disminució oscil·la entre el 26 % i el 77 % segons el contingut de compostos cel·lulòsics, hemicel·lulòsics i hidrosolubles, principalment. Aquesta dada és especialment interessant quant s'utilitza el fertilitzant en forma sòlida ja que s'obté el purí digerit el qual és apte com adob. En el cas d'utilitzar l'efluent per aplicació directa del cultiu, es

pot considerar que el valor fertilitzant immediat del producte digerit, per quantitats idèntiques d'elements fertilitzants en tots dos productes, és lleugerament superior que en el producte fresc. Probablement, aquesta superioritat sigui deguda en gran mesura a una major disponibilitat del nitrogen preexistent en el sòl del primer cas. Això es demostra quan s'observa que pràcticament no es modifica el nitrogen mineral del sòl quan aquest és fertilitzat amb els productes digerits, en canvi, els productes frescos provoquen una modificació molt important del nitrogen mineral. També pot ser degut a una major proporció de nitrogen amoniacal a l'efluent.

Els efluentes poden utilitzar-se de forma integral, és a dir, tal i com surten del digestor, o bé poden sotmetre's a un fraccionament previ per processos de concentració per decantació o sedimentació, centrifugació o secat, que separin amb més o menys precisió la part sòlida de la líquida. Un dels beneficis de l'efluent és el de la següent taula:

	TON (Threshold Odor Number)	Reducció de l'olor (%)
Purins sense digerir	247	
Efluent digestió anaeròbia	7	-97
Purins no digerits, 3 dies en bassa	437	+77

Taula 4: Reducció de les males olors aplicant la biodigestió Font: (rural.cat)

5.3 Fases de la digestió anaeròbia

La digestió anaeròbia està caracteritzada per l'existència de varies fases que tan treballen consecutivament com simultàniament diferenciades en el procés de degradació dels residus orgànics. La **hidròlisi** és la primera fase i és on dels compostos orgànics complexos (polímers) es dissocien en monòmers més senzills tals com sucres, aminoàcids, àcids grassos volàtils de baix pes i alcohols. Així, es permet que les bacteries puguin assimilar la matèria orgànica com a font de nutrients gràcies a la seva solubilitat. La següent fase és l'**acidogènesi** on els monòmers obtinguts en la fase anterior són degradats durant aquesta fase a àcids orgànics de cadena curta, és a dir, d'un a cinc àtoms de carboni en una estructura, com l'àcid acètic. Seguidament, l'**acetogènesi** és la responsable de produir hidrogen i diòxid de carboni. Finalment, la **metanogènesi** és l'encarregada de metà a partir de l'àcid acètic o de mesclades d'hidrogen i diòxid de carboni, metanol i àcid fòrmic. En general, es pot considerar que

les bacteries metanogèniques constitueixen el grup biològic que determina el major o menor èxit del procés.

Existeixen cinc grans poblacions de microorganismes que actuen en el procés de digestió. Es caracteritzen per ser diferents en quant a velocitat de creixement i diferent sensibilitat a cada compost. Això implica que cada etapa presentarà diferents velocitat de reacció segons la composició del substrat i que el desenvolupament estable del procés global requerirà d'un equilibri que eviti l'acumulació de compostos intermedis inhibidors o l'acumulació d'àcids grassos volàtils, que podria produir una reducció del pH. Per aconseguir l'estabilitat del pH és important l'equilibri entre el diòxid de carboni i el bicarbonat. Un excés de càrrega al digester provocarà que els microorganismes no siguin capaços de consumir-ho i caldrà restar un temps perquè es recuperi. De no fer-ho així, la situació de sobrecàrrega provocarà un augment de l'acidesa i, en conseqüència, un augment en la producció de CO₂ en la sortida del biogàs. Per fer possible algunes reaccions és necessària l'associació sintròfia entre bacteries acetogèniques i metanogèniques. Per tant, la posada en marxa dels reactors són lentes. Les situacions de desequilibri es poden donar en moments de canvis en l'alimentació, en la composició i/o cabal. El principal moment de canvi és a l'inici del procés, a la posada en marxa, durant la qual cal treballar de forma lenta durant alguns mesos, de manera que els diferents poblacions de microorganismes creixin fins a un valor de concentració que adaptin la composició del residu a la velocitat amb què s'ha d'alimentar. Quan es vol fer un canvi en el tipus d'alimentació (afegir nou residu), s'ha de fer gradualment i no brusquement, per tal d'ajudar a trobar equilibri.

Cal destacar que la velocitat del procés està limitada per la velocitat de l'etapa més lenta, el qual depèn de la composició de cada residu. Per substrats solubles, la fase limitant sol ser la metanogènesi i per augmentar la velocitat consisteix en adoptar dissenys que permetin una elevada concentració de microorganismes acetogènics i metanogènics en el reactor. D'aquesta manera es pot aconseguir sistemes amb temps de procés de l'ordre de dies. Per altra banda, si la matèria orgànica es troba en forma de partícules, la fase limitant és la hidròlisi, procés enzimàtic la velocitat del qual depèn de la superfície de les partícules. Així, caldrà pretractar el substrat reduint la mida de les partícules i ajudar a la solubilització sempre i quan el volum tractat sigui prou gran com per fer-ho rentable industrialment. A petites granges cal optimitzar costos.

5.4 Paràmetres ambientals

Es consideren paràmetres ambientals els paràmetres sobre els quals usualment no s'actua directament i que depenen de les característiques dels residus que es tracten i

del desenvolupament del procés. Per a mantenir un procés estable, cal assegurar que aquests paràmetres mantenen uns valors adequats.

ST: els sòlids totals fan referència al percentatge de matèria que queda després d'extreure tota l'aigua. El seu percentatge és la resta del percentatge d'humitat. Cal tenir controlat aquest paràmetre de la càrrega d'alimentació, ja que si se supera el 20%, la barreja de substrats és difícilment bombejable, i no agilitza el procés. Els sòlids totals agrupen els sòlids dissolts, suspesos i sedimentables en aigua.

SV: Els sòlids volàtils és aquella fracció de la matèria orgànica que es poden eliminar o volatilitzar-se quan es cremen en un forn a una temperatura de 550 °C.

pH i alcalinitat: el pH òptim es troba entorn de la neutralitat, entre 6,5 i 8. Com s'ha dit abans, l'alcalinitat ha de ser suficient per a mantenir la regulació del pH. L'alcalinitat de les dejeccions ramaderes és prou alta perquè aquest no sigui un problema per al procés i, a més, pot ajudar quan es fan mesclades amb residus amb baixa alcalinitat, com els residus de processat de fruites i verdures.

Nutrients: la relació òptima carboni/nitrogen (C/N) del material a digerir es troba entre 20 i 30, que és la relació que els bacteris necessiten per a créixer. Els valors inferiors impliquen un excés de nitrogen i possibles problemes d'inhibició per amoníac; els valors superiors, fins a 70 per a residus amb alt contingut en carbohidrats, o fins a 200 per a residus amb alt contingut en greixos, no creen problemes importants atesa la baixa taxa de transformació cel·lular dels microorganismes anaerobis. Una forma d'equilibrar aquesta relació és mitjançant mesclades de residus amb relacions C/N diferents (codigestió). En el cas de les **granges porcines** aquest valor és molt proper a **20** gràcies a les innovacions que es duen a terme amb els pinsos les quals procuren reduir l'acidesa dels purins. Pel que fa a la presència de fòsfor, al relació C/P és troba al voltant de 150 però no trobem problemes d'inhibició per excés de fòsfor.

Presència de tòxics i inhibidors: la presència de desinfectants en els fems o purins i, en menor mesura, d'**antibiòtics**, pot provocar problemes en el desenvolupament dels microorganismes. L'inhibidor més important en les dejeccions és l'amoníac, el qual augmenta a una concentració determinada de nitrogen amoniacal a mesura que puja el pH i la temperatura. No acostumen a produir-se problemes rellevants en concentracions de nitrogen amoniacal de menys de 3 g/l. També cal tenir en compte la concentració de metalls pesants com el coure (Cu), la qual pot presentar valors apreciables en **dejeccions de porcí d'engreix**. S'han mesurat baixades a la meitat en l'activitat dels bacteris per concentracions de Cu de 200 mg/l. El zinc (Zn) no presenta problemes a les concentracions típiques de les dejeccions.

5.5 Paràmetres de funcionament

Temperatura: es pot fer la digestió anaeròbia en tres rangs de temperatura: ambient (psicròfila), entorn de 35 °C (mesòfila) o entorn de 55 °C (termòfila). A mesura que augmenta la temperatura, augmenta la velocitat del procés, però també s'agregen els problemes de control i d'estabilitat. És usual treballar **en el rang mesòfil** ja que el temps de retenció hidràulica requerit és menor al necessari en rang psicròfil i és estable en front a petites variacions de temperatura.

Agitació: en reactors on els bacteris es troben en suspensió cal mantenir un grau d'agitació moderat, suficient per mantenir les partícules en suspensió, però no prou violent com per trencar els agregats de bacteris. L'energia de l'agitació ha d'estar compresa entre 30 i 100 Wh/m³·dia. L'agitació augmenta la producció de biogàs i disminueix el temps de retenció hidràulica ja que:

- Distribueix uniformement la temperatura i el substrat en l'interior del digestor
- Distribueix uniformement els productes, tant intermedis com finals
- Hi ha major contacte entre el substrat i les bactèries, evitant la formació de cúmuls al voltant de les bactèries.
- Evita l'acumulació del fang en la part superior del digestor, també anomenat, escuma, que dificulta la sortida del biogàs.

Es distingeixen 3 tipus d'agitació, aquestes són:

-Mecànica: A través d'agitadors manuals o amb motors elèctrics

-Hidràulica: A través de bombes de flux lent es fa recircular la biomassa

-Bombolleig de biogàs: es recircula el biogàs produït al fons del digestor mitjançant canonades, per produir bombolleig i, d'aquesta manera, moviment de la biomassa.

Temps de retenció: és el temps que el material a digerir es troba en procés. El temps de retenció hidràulic (TRH o θ) és el quocient entre el volum del digestor i el cabal de tractament. Cal notar que hi ha un temps mínim per sota del qual no hi ha activitat (eq. 5) i que en el cas de dejeccions ramaderes, el període pot anar de 3 a 7 dies. A mesura que augmenta el temps de retenció, augmenta la taxa d'eliminació de **matèria orgànica biodegradable (SV)**, sent molt ràpid el canvi amb temps baixos i més lent a mesura que es treballa amb temps alts de retenció. En canvi, la producció volumètrica de biogàs (m³ biogàs/m³·dia) és molt alta amb temps baixos, ascendint fins a un màxim i baixant després per temps de retenció elevats. A més, també es pot observar que l'eliminació de matèria orgànica segueix una tendència asimptòtica amb una

eliminació de matèria orgànica a temps infinit. La producció de gas metà per unitat de volum presenta un màxim per un temps de retenció corresponent a una eliminació de substrat entre el 40 i el 60 %.

$$(5) \theta = \frac{1}{\mu_m}$$

Per localitzar el punt on la producció de metà és màxima s'utilitza la següent fórmula:

$$(6) \theta = \frac{1}{\mu_m} (1 + K^2)$$

Velocitat de càrrega orgànica (VCO, eq. 7): és la quantitat de matèria orgànica que s'entra al digestor cada dia per metre cúbic de reactor i es calcula com el quocient entre la concentració de SV a l'entrada i el temps de retenció. Quan la càrrega orgànica és més elevada, el temps de retenció és menor, de manera que la descomposició de la matèria orgànica va baixant. S'acostuma a treballar amb valors de la càrrega orgànica no superiors a 3,5 - 4 kg SV/m³·dia. Els valors exactes de producció de biogàs, en funció del temps del TRH o de la VCO, depenen de cada material orgànic de la velocitat amb què cada component del residu es descompondrà i del possible efecte d'algun inhibidor.

$$(7) VCO = \frac{Q \cdot S_0}{V} = \frac{S_0}{\theta}$$

A partir de l'eficiència E (eq. 3) i la generació de gas G₀ (Taula 5) podem trobar la producció de gas metà:

$$(8) Pc = E \cdot G_0$$

5.6 Models cinètics

L'equació de Monod defineix la taxa de creixement dels microorganismes en el digestor a velocitat de creixement constant. S'usa com a paràmetre de disseny en els reactors ja que és l'equació que més similitud amb el comportament poblacional de microorganismes i que depèn també de la quantitat de substrat contingut en el digestor. (Elía, Flotats i Campos, 2012, p. 628)

$$(1) \quad \mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S}$$

μ_m = velocitat màxima de creixement específica (dies⁻¹)

K_s = Constant de saturació (kg/m³)

S = Concentració del substrat (kg de SV/m³)

μ = velocitat de específica de creixement cel·lular (dies⁻¹)

Per règim estacionari en un reactor de mescla completa:

$$(2) \quad S_1 = S_0 \cdot \frac{K}{\mu_m \cdot \theta - 1 + K}$$

S_1 = Concentració a l'interior del reactor (kg de SV/m³)

K = Constant de Chen i Hashimoto, adimensional

S_0 = Concentració del substrat (kg de SV/m³)

θ = temps de retenció hidràulic (dies)

μ_m = velocitat màxima de creixement específica (dies⁻¹)

Aquest model ha estat utilitzat per digestors tractant residus ramaders, FORM, fangs de depuradora, etc.

També es pot definir l'eficiència del reactor pel que fa a eliminació de substrat:

$$(3) \quad E = 1 - \frac{S_1}{S_0} = 1 - \frac{K}{\mu_m \cdot \theta - 1 + K}$$

Mentre que la producció de gas metà per unitat de temps i volum de reactor ($\text{m}^3 \text{ gas}/\text{m}^3 \cdot \text{dia}$) és:

$$(4) \quad P_v = G_0 \cdot \frac{S_0 - S_1}{\theta} = \frac{S_0 \cdot G_0}{\theta} \cdot \left(1 - \frac{K}{\mu_m \cdot \theta - 1 + K}\right)$$

On G_0 és el potencial de producció de gas per unitat de matèria orgànica eliminada on s'adjunten els valors relatius a residus ramaders en la següent taula:

Origen del residu ramader	G_0 (L $\text{CH}_4/\text{g SV}$)
Boví	0,35
Porcí	0,45
Avícola	0,39

Taula 5: Producció de metà en litres per cada gram de SV destruït Font: (Hill, 1982)

6. Normativa de dejeccions ramaderes

6.1 Normativa europea

- Directiva 96/61/CE del Consell de 24 de setembre relativa a la prevenció i al control integrat de la contaminació

6.2 Normativa estatal

- Reial Decret 856/2010, de 2 de juliol, sobre substrats de cultiu
- Reial Decret 479/2004, de 26 de març, pel qual s'estableix i regula el Registre general d'explotacions ramaderes.
- Reial Decret 324/2000, de 3 de març, pel qual s'estableixen normes bàsiques d'ordenació de les explotacions porcines.

6.3 Normativa catalana

- Resolució AAM/1286/2015, de 10 de juny, per la qual s'aproven els criteris tècnics per a l'elaboració dels plans de gestió de dejeccions ramaderes per personal tècnic habilitat.
- Acord de GOV/13/2015, de 3 de febrer, pel qual es revisen i s'amplien les zones vulnerables a la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries.
- Ordre AAM/389/2014, de 19 de desembre, per la qual es regula el procediment d'habilitació del personal tècnic per elaborar i signar els plans de dejeccions ramaderes i s'estableix la utilització de l'aplicació informàtica dels plans de dejeccions ramaderes i nitrogen (GDN).
- Decret 40/2014, de 25 de març, d'ordenació de les explotacions ramaderes.

- Ordre AAM/312/2014, de 15 d'octubre, per la qual s'estableixen els criteris per a l'aplicació dels nivells de reducció en l'excreció del nitrogen del bestiar porcí mitjançant la millora de l'alimentació.
- Ordre AAR/506/2010, de 2 de novembre, per la qual s'estableixen els criteris per a l'aplicació dels nivells de reducció en l'excreció de nitrogen del bestiar porcí mitjançant la millora de l'alimentació, d'acord amb l'annex 2 del Decret 136/2009, d'1 de setembre, d'aprovació del programa d'actuació aplicable a les zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats que procedeixen de fonts agràries i de gestió de les dejeccions ramaderes.
- Llei 20/2009, del 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats
- Decret 136/2009, d'1 de setembre, d'aprovació del programa d'actuació aplicable a les zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats que procedeixen de fonts agràries i de gestió de les dejeccions ramaderes.
- Acord GOV/128/2009, de 28 de juliol, de revisió i designació de noves zones vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries.
- Decret Legislatiu 1/2009, de 21 de juliol, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei reguladora dels residus.
- Llei 1/2008, de 20 de febrer, de contractes de conreu.
- Llei 2/2005, de 4 d'abril, de contractes d'integració.
- Decret 50/2005, de 29 de març, pel qual es desplega la Llei 4/2004, d'1 de juliol, reguladora del procés d'adequació de les activitats existents a la Llei 3/1998, de 27 de febrer, i de modificació del Decret 220/2001, de gestió de les dejeccions ramaderes.
- Decret 476/2004, de 28 de desembre, pel qual es designen noves zones vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats procedents de fonts agràries.

- Llei 4/2004, d'1 de juliol, reguladora del procés d'adequació de les activitats d'incidència ambiental al que estableix la Llei 3/1998, del 27 de febrer, de la intervenció integral de l'Administració ambiental.
- Decret 143/2003 de 10 de juny, de modificació del Decret 136/1999, de 18 de maig, pel qual s'aprova el Reglament general de desplegament de la Llei 3/1998, de 27 de febrer, de la intervenció integral de l'administració ambiental, i se n'adapten els annexos.
- Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.
- Decret 220/2001, d'1 d'agost, de gestió de les dejeccions ramaderes.
- Decret 119/2001, de 2 de maig, el qual s'aproven mesures ambientals de prevenció i correcció de la contaminació de les aigües per nitrats.
- Decret 136/1999, de 18 de maig, pel qual s'aprova el Reglament general de desplegament de la Llei 3/1998, de 27 de febrer, de la intervenció integral de l'administració ambiental, i s'adapten els seus annexos.
- Ordre de 22 d'octubre de 1998, del Codi de bones pràctiques agràries en relació amb el nitrogen.

7.2 Descripció de l'activitat

L'activitat ramadera consisteix de tres granges separades que constitueixen una explotació intensiva ja que els animals estan allotjats i són alimentats de manera permanent dins de les instal·lacions. Segons l'orientació productiva es classifica com una producció de **cicle tancat** en què el procés productiu consisteix en el naixement, cria, reposició i engreix dels porcs. Totes les fases es realitzen en l'activitat de manera que només s'utilitza la producció pròpia. La primera granja consisteix en un mòdul on se situen 470 truges que s'encarreguen de la reproducció per produir garrins que beuen llet durant 3 setmanes. El segon mòdul és un espai de transició on 1.100 garrins s'introdueixen a 6 kg i s'alimenten fins que aconseguen un pes de 20 kg en 7 setmanes. En aquest moment, es porten al mòdul d'engreix per adquirir un pes final de 100 kg i poder, finalment, vendre'ls. En total hi ha 2.000 porcs d'engreix comptant des del deslletament fins la venda. La vida màxima dels animals d'engreix és de 6 mesos.

Per les naus de les truges reproductores i els garrins deslletats s'utilitza un sistema de calefacció per terra radiant. La importància del sistema de calefacció en els

Setmana	Zona de confort tèrmic
1	28-32
2	27-31
3	24-31
4	22-30
5	20-28
6	19-27
7	18-26

Taula 5: Temperatures de confort en funció de la setmana post-deslletament Font: Pròpia

allotjaments de porcs permet mantenir una temperatura adequada per poder aconseguir uns resultats productius òptims en l'explotació. D'aquesta manera, es defineix la zona de confort tèrmic (taula 5) com el rang de temperatures que garanteixen un creixement màxim de l'animal. Per sota d'aquest rang de temperatures (temperatura crítica inferior), el animal consumeix aliment sense ser capaç de convertir-lo adequadament en increment de pes, doncs ho destina a combatre el fred i per sobre d'aquest rang (temperatura crítica superior) l'animal disminueix de forma important el consum de pinso. En el mòdul de maternitat cal una temperatura de

confort d'entre 32 i 35 graus centígrads, mentre que el mòdul de transició necessita temperatures variables. Un cop el porc ha assolit els 20 kg i comença la fase final de l'engreix fins els sis mesos d'edat, ja no calen sistemes tèrmics ja que la temperatura a l'interior de les naus es manté constant.

Inicialment el sistema de calefacció estava format per plaques elèctriques però en els granges més noves, com és el cas que ens ocupa en aquest projecte, s'han instal·lat



Figura 4: Punt de succió de purins Font: Pròpia

serpentins d'aigua calenta amb les calderes corresponents. S'ha de tenir en compte que el paviment de les granges porcines (solera) es troba enreixat ja que tots els purins produïts cauen a les fosses de col·lecció a través de les reixes. Normalment, es divideix la zona on hi ha els porcs en dues bandes de 1,20 metres, una enreixada i l'altre formigonada on s'hi

allotgen els tubs radiants. La banda de calor consisteix en una capa de poliestirè expandit d'alta densitat de

1,5-2,0 cm d'espessor sobre el terreny anivellat. En el cas de voler col·locar el terra radiant damunt del enreixat caldrà col·locar panells conglomerats antihumitat. Llavors es col·loca un mallat d'acer, les canonades són de material plàstic i la secció de 20 x 2 mm en els elements de radiació i 32 x 2,9 mm en els col·lectors. Finalment es cobreix amb formigó d'àrid fi.

Totes les naus estan construïdes amb fosses de col·lecció (figura 4) de formigó que han de tenir un volum d'autonomia de, com a mínim, sis mesos per emmagatzemar els purins que produeixen tot el bestiar de l'activitat extractiva. El paviment de les fosses té un pendent de l' 1 %.

D'aquesta manera, quan els demandants de fertilitzants orgànics acordats en el pla de dejeccions ramaderes van a buscar els purins, només han de col·locar un extrem d'una canonada a la fossa i, l'altre, unir-lo a la



Figura 5: Bassa exterior Font: Pròpia

cisterna tirada per tractor o portada per camió. La bomba de depressió succiona el purí sense necessitat d'afegir-hi aigua ni portar tasques d'agitament. Anteriorment sí que calia homogeneïtzar els purins amb mètodes mecànics que es dirigien des del propi tractor però actualment els nous pinsos aconseguixen uns purins fàcilment bombables. Cal dir que el mòdul d'engreix conté uns orificis a la part superior de la fossa que en cas de superar la capacitat màxima, els purins sortirien a través d'ells i caurien a una bassa externa (Figura 5). Aquesta bassa es troba impermeabilitzada amb material geotèxtil i encerclada amb una tanca enreixada ja que no té cobertura.

7.3 Alimentació

S'administren dos tipus de pinsos amb número de registre de fabricant de pinsos @ESP08100141:

Administrar a porcs de 8 a 16 setmanes de vida fins els 60 kg.	
Observacions: -	<p>Constituents analítics:</p> <p>Proteïna bruta - 15,43 %</p> <p>Matèria grassa bruta - 5,03 %</p> <p>Cendres brutes - 4,65 %</p> <p>Celulosa bruta - 3,67 %</p> <p>Lisina - 1,08 %</p>
<p>Matèries primeres:</p> <p>Blat (39,17 %), farina d'extracció de soja torrada (12,38 %), sègol (12 %), pèsols (12 %), blat modificat genèticament (10 %), Farina d'extracció de llavor de colza (6 %), Oli vegetal (3,40 %), ordi (2 %), Carbonat càlcic (1,67 %), clorur de sodi (0,34 %), fosfat dicàlcic (0,17 %)</p>	<p>Additius:</p> <p>Vitamina A (UI/kg) - 8.000</p> <p>Vitamina D3 (UI/kg) - 2.000</p> <p>3- fitassa EC 3.1, 3.8 - n° CEE 28 (PPU/kg) - 500</p> <p>Coure (mg/kg) - 20</p> <p>Vitamina E (mg/kg) - 20</p> <p>Clorur de lisina mono hidratada (%) - 0,32</p> <p>DL-Metionina - (%) - 0,10</p> <p>L-Treonina - (%) - 0,07</p>
Taula 6: Dades dels pinsos per porcs de 8 a 16 setmanes	
Font: Pròpia	

<p>Administrar a porcs d'engreix des dels 4 als 6 mesos de vida (60-100 kg de pes viu) a discreció, procurant que disposin d'aigua en tot moment. No utilitzar en animals de més de 6 mesos de vida</p>	
<p>Observacions: -</p>	<p>Constituents analítics:</p> <p>Proteïna bruta - 14 %</p> <p>Matèria grassa bruta - 4,23 %</p> <p>Cendres brutes - 4,23 %</p> <p>Celulosa bruta - 3,30 %</p> <p>Lisina - 0,94 %</p>
<p>Matèries primeres:</p> <p>Blat (40 %), farina d'extracció de soja torrada (10,20%), sègol (15 %), pèsols (10 %), blat modificat genèticament (15,72 %), Farina d'extracció de llavor de colza (3,84 %), Oli vegetal (2,48 %), Carbonat càlcic (1,32 %), clorur de sodi (0,45 %), fosfat dicàlcic (0,18 %)</p>	<p>Additius:</p> <p>Vitamina A (UI/kg) - 8000</p> <p>Vitamina D3 (UI/kg) - 2000</p> <p>3- fitassa EC 3.1, 3.8 - n° CEE 28 (PPU/kg) - 500</p> <p>Coure (mg/kg) - 20</p> <p>Vitamina E (mg/kg) - 20</p> <p>Clorur de lisina mono hidratada (%) - 0,29</p> <p>DL-Metionina - (%) - 0,07</p> <p>L-Treonina - (%) - 0,04</p>

Taula 7: Dades dels pinsos per porcs de 4 a sis mesos de vida

Font: Pròpia

En les dades de l'alimentació podem observar una limitació de la proteïna bruta d'entre el 14 i el 16 %. Segons l'apartat **Millores disponibles, Pinsos** veiem que aquesta reducció equival al Nivell 2, del programa de tres fases d'alimentació d'engreix i correspon a una reducció del 12 % de N. Això es tradueix en una reducció del 12 % de terra entregada. El canvi en l'alimentació és molt baix però se'n destaca l'absència d'ordi en els porcs de 60-100 kg.

8. Disseny del tractament

Es proposa el disseny d'un tractament de digestió anaeròbia mitjançant un reactor de mescla completa sense recirculació amb un tractament de separació sòlid-líquid a la sortida de l'efluent. Els components principals del sistema han de ser: un tanc per la recepció del purí, el digestor, el gasòmetre per emmagatzemar el biogàs, el sistema de separació sòlid-líquid i un tanc per emmagatzemar l'efluent separat. La utilització del biogàs va destinada a la combustió en una caldera i a la generació elèctrica de l'excident.

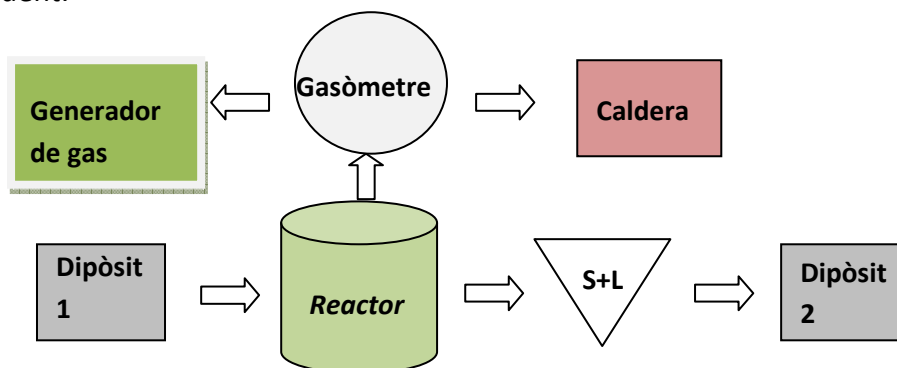


Figura 6: Esquema de la planta

Font: agbioengineering

8.1 Caracterització de dejeccions

Els següents valors provenen d'un anàlisi fet per un laboratori ambiental:

Tipus de bestiar	Truges	Transició	Engreix
Tipus de dejecció	Purí	Purí	Purí
Volum (m ³ o tn/dia)	7	1	7
% MS	4,5	6	6,7
% SV (s.m.s.)	63	65	67,5
pH (extracte 1:5)	8	8,2	8,4
C.E (dS/m)	3,7	4,6	6,1
N Kjeldhal (% s.m.s.)	3	2,84	2,94
N amoniacal (% s.m.f.)	5	3	4

Taula 8: Característiques de les dejeccions

Font: Pròpia

8.2 Volum de purí diari

El volum de purí diari que es disposa del conjunt dels bestiar de l'explotació ramadera consisteix en la suma dels tres cabals corresponents a partir de la taula anterior de caracterització de dejeccions ramaderes.

$$Q_{truges} + Q_{transició} + Q_{engreix} = 7 + 1 + 7 = \mathbf{15 m^3/dia}$$

8.3 Disseny del reactor

8.3.1 Dimensionat

El reactor que s'ha escollit per aquest projecte és el de tipus RMC (reactor de mescla completa) sense recirculació ja que és el més habitual en explotacions ramaderes domèstiques descentralitzades com és aquest cas. La temperatura d'operació del reactor es defineix en règim **mesòfil a 35 °C i el temps de retenció de 10 dies** (Hill et al., 1987). Per dur a terme el càlcul s'utilitzen les fórmules empíriques proposades per Hashimoto (Elías et al., 2012) i les fórmules del model cinètic descrites anteriorment. En primer lloc es calcula la velocitat màxima de creixement específica dels microorganismes en funció de la temperatura d'operació del reactor:

$$\mu_m = 0,013 \cdot T - 0,129$$

$$\mu_m = 0,013 \cdot 35 - 0,129 = \mathbf{0,326 dies^{-1}}$$

També és necessari calcular la concentració de substrat S_0 de l'afluent del reactor en g/l. Sabem el cabal diari i la composició de les dejeccions així que podem fer el càlcul:

$$Q_{truges} \cdot \frac{\% MS_{truges}}{100} \cdot \frac{\% SV_{truges}}{100} = 7 \cdot 0,045 \cdot 0,63 = \mathbf{0,20 t SV}$$

$$Q_{transició} \cdot \frac{\% MS_{transició}}{100} \cdot \frac{\% SV_{transició}}{100} = 1 \cdot 0,06 \cdot 0,65 = \mathbf{0,04 t SV}$$

$$Q_{engreix} \cdot \frac{\% MS_{engreix}}{100} \cdot \frac{\% SV_{engreix}}{100} = 7 \cdot 0,067 \cdot 0,675 = \mathbf{0,32 t SV}$$

Calculem ara el número de sòlids volàtils totals de l'afluent del digestor i la seva concentració S_0 en g/l:

$$SV_{totals} = 0,56 t$$

$$S_0 = \frac{SV_{totals}}{V_{totals}} = \frac{0,56}{15} = 0,037 \frac{t}{m^3} \cdot \frac{10^6 g}{1 t} \cdot \frac{1 m^3}{1.000 l} = 37 g SV/l$$

*Els càlculs anteriors han estat realitzats suposant una base de càlcul d' 1 dia.

A continuació s'aplica la segona equació empírica de Hashimoto que permet calcular la constant adimensional de Chen i Hashimoto amb S_0 igual a 37 g SV/l.

$$K = 0,6 + 0,021 * e^{0,05 * S_0}$$

$$K = 0,6 + 0,021 * e^{0,05 * 37} = 0,73$$

Calculem ara el temps de retenció hidràulic mínim mitjançant l'equació 5 de *Models cinètics*:

$$\theta = \frac{1}{\mu_m} = \frac{1}{0,326} = 3 \text{ dies}$$

Observem que el valor pre-dissenyat de temps de retenció hidràulic de 10 dies és superior al temps mínim.

Calculem ara el volum del reactor en m^3 sabent el cabal de producció diari i el temps de retenció hidràulic.

$$V = Q \cdot \theta = 15 \cdot 10 = 150 m^3$$

No obstant s'ha de deixar un espai addicional per la producció de biogàs en forma de cúpula esfèrica. Es dissenya amb un valor del 20 % d'espai total, així:

$$Vt = \frac{V}{0,8} = \frac{150}{0,8} \approx \mathbf{188 \text{ m}^3}$$

Es calcula també la velocitat de càrrega orgànica del reactor:

$$VCO = \frac{Q \cdot S_0}{V} = \frac{15 \cdot 37}{150} = 3,7 \frac{g}{l \cdot dia} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \cdot \frac{1.000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = \mathbf{3,7 \frac{kg \text{ SV}}{\text{m}^3 \cdot dia}}$$

Seguidament s'ha de calcular la producció de biogàs que podem obtenir. En primer lloc cal calcular l'eficiència del reactor que es defineix com el tan per cent de sòlids volàtils eliminats per un temps de retenció determinat:

$$E = 1 - \frac{S_1}{S_0} = 1 - \frac{K}{\mu_m \cdot \theta - 1 + K}$$

$$E = 1 - \frac{0,73}{0,326 \cdot 10 - 1 + 0,73} = \mathbf{0,76 \rightarrow 76 \%}$$

És a dir, per un temps de retenció hidràulic de 10 dies, el reactor presenta una taxa d'eliminació de sòlids volàtils del 76 %. Aquesta dada és útil per calcular la producció de gas metà on G_0 correspon als litres de metà produïts per grams de sòlids volàtils destruïts:

$$P_c = E \cdot G_0$$

$$P_c = 0,76 \cdot 0,45 = \mathbf{0,34 \text{ l} \frac{CH_4}{g \text{ SV destruït}}}$$

A continuació calculem la producció de biogàs per unitat de volum del reactor:

$$P_v = G_0 \cdot \frac{S_0 - S_1}{\theta} = \frac{S_0 \cdot G_0}{\theta} \cdot \left(1 - \frac{K}{\mu_m \cdot \theta - 1 + K}\right)$$

$$P_v = \frac{37 \cdot 0,45}{10} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{0,326 \cdot 10 - 1 + 0,73}\right) = \mathbf{1,26 \frac{l \text{ CH}_4}{dia \cdot l \text{ reactor}}}$$

Per finalitzar calculem la producció de biogàs diari ($V_{metà}$). Per fer-ho multipliquem el volum de metà produït diàriament per unitat de volum de reactor pel volum del propi reactor i obtenim el següent:

$$V_{metà} = P_v \cdot V$$

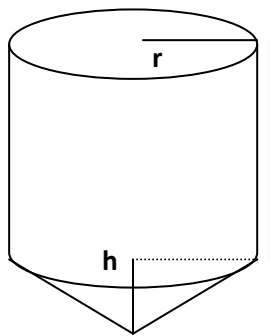
$$V_{metà} = 1,26 \frac{l \text{ CH}_4}{dia \cdot l \text{ reactor}} \cdot 150.000 \text{ l} = 189.000 \frac{l \text{ CH}_4}{dia} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ l}} = \mathbf{189 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/dia}$$

En termes de biogàs, suposant que conté un 65 % de metà, obtenim el següent valor total:

$$V_{biogàs} = \frac{189}{0,65} = \mathbf{290,77 \text{ m}^3/dia}$$

8.3.2 Amidaments

Es dissenya un bioreactor cilíndric amb una cúpula superior esfèrica. Sabem que el volum que ha de tenir la part cilíndrica és de 150 metres cúbics. D'aquesta manera podem fer un croquis de l'estructura sense la cúpula superior. L'altura H i l'amplada o diàmetre mantindran la relació de $H=0,5 D$.



La part inferior del reactor ha de tenir una forma cònica del 5 % de pendent per tal d'ajudar a eliminar la fracció sòlida que sedimenta i no s'elimina per l'efluent.

Utilitzant geometria simple podem trobar els amidaments. L'altura h del con ha de ser:

$$h = 5\% \text{ de } r = 0,05 \cdot r$$

El volum total de la figura és el següent:

$$V_{cilindre} + V_{con} = 150 \text{ m}^3$$

$$H \cdot \pi \cdot r^2 + \frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot h = 150$$

Sabem que l'altura H ha de ser igual a 0,5 vegades el diàmetre del cilindre. Substituïm l'altura del con en funció del pendent i el radi:

$$2 \cdot r \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot r^2 + \frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot 0,05 \cdot r = 150$$

$$\pi \cdot r^3 + \pi \cdot r^3 \cdot 0,017 = 150$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{150}{\pi + 0,017\pi}} = 3,6 \text{ m}$$

Calculem ara l'altura del con:

$$h = 5\% \text{ de } r = 0,05 \cdot r = 0,05 \cdot 3,6 = \mathbf{0,18 \text{ m}}$$

El diàmetre i l'altura H:

$$D = 2 \cdot r = 2 \cdot 3,6 = \mathbf{7,2 \text{ m}}$$

$$H = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 7,2 = \mathbf{3,6 \text{ m}}$$

Comprovem el càlcul del volum:

$$H \cdot \pi \cdot r^2 + \frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot h = 150$$

$$3,6 \cdot \pi \cdot 3,6^2 + \frac{\pi \cdot 3,6^2}{3} \cdot 0,18 = 149,02 \approx 150 \text{ m}^3$$

Per últim, cal calcular l'altura de la cúpula de manera que el volum total sigui un 20 % superior al volum del cilindre:

$$V_{cilindre} + V_{con} + V_{cúpula} = 188$$

Trobem el volum que ha de tenir la cúpula:

$$V_{cúpula} = 188 - 150 = 38 \text{ m}^3$$

La cúpula ha de tenir forma de casquet esfèric i en coneixem el seu volum i el radi del cilindre. La fórmula del volum d'un casquet esfèric és al següent:

$$V = \frac{\pi h}{6} (3 \cdot a^2 + h^2)$$

On h és l'altura del casquet i a és el radi del cilindre en aquest cas concret. A continuació cal aïllar la variable h :

$$38 = \frac{\pi h}{6} (3 \cdot 3,6^2 + h^2)$$

Substituint el volum per 38 metres cúbics i a per 3,6 metres ja que és el radi del cilindre obtenim una equació de tercer grau:

$$h^3 + 38,88 \cdot h - 72,57 = 0$$

Mitjançant una calculadora virtual obtenim tres solucions però només una d'elles és real, les altres dues són complexes.

$$h = 1,73 \text{ m}$$

En resum tenim els següents amidaments:

Paràmetre	Valor (m)
Radi interior del cilindre	3,6
Altura del con	0,18
Diàmetre interior del cilindre	7,2
Altura del cilindre	3,6
Altura de la cúpula	1,73
Altura total	5,51

Taula 9: Dimensions del reactor

Font: Pròpia

8.3.3 Materials

Per construir el reactor caldrà pavimentar el sòl per poder-lo situar correctament. En aquest cas el terreny on es vol construir és força pla i ja està desbrossat (Figura 7). En el cas que es volgués anivellar el terreny, l'exploració ja compta amb maquinària preparada per fer-ho. Es pot observar a la figura següent que la planta es vol situar davant del mòdul de porcs d'engreix ja que d'aquesta manera es minimitzaran els costos de transport dels purins.



Figura 7: Emplaçament de la planta Font: Pròpia

Així doncs caldrà realitzar una pavimentació circular amb formigó armat de 10 cm de gruix que formarà la solera. S'hi afegeix un additiu hidròfug.

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
HA-25	19,00	55	1.045

Taula 10: Cost paviment Font: Pròpia

El mur cilíndric serà de formigó armat de 30 cm de gruix a realitzar amb formigó HA-25 amb un additiu hidròfug per impermeabilitzar el formigó.

Tipus de material	Preu (€/m ³)	Volum (m ³)	Preu total (€)
Mur de formigó	316,00	25,45	8.042,20

Taula 11: Cost mur de formigó Font: Pròpia

Per calcular el volum de formigó tenim un cilindre buit de manera que:

$$V_{ext} - V_{int} = \pi r_2^2 \cdot h - \pi r_1^2 \cdot h$$

$$V_{ext} - V_{int} = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot h$$

Sabem que la diferència de radis ha de ser el gruix de 30 cm i l'altura correspon a 3,6 metres.

$$V_{ext} - V_{int} = \pi \cdot (3,9^2 - 3,6^2) \cdot 3,6 = 25,45 \text{ m}^3$$

Un cop construït el reactor, cal col·locar la coberta que formi la cúpula de gas. En aquest cas, es proposa una coberta de material plàstic que tingui propietats elàstiques per poder absorbir diferents variacions de gas. S'utilitza una membrana sintètica de cautxú amb etilè, propilè i diè totalment impermeable. La seva flexibilitat suporta un ampli rang de temperatures de treball des de 40 graus centígrads sota zero fins a 140 graus. És un termopolímer elastòmer. Té una resistència molt bona als agents atmosfèrics, àcids i àlcals i, en general, els productes químics. És especialment útil pel segellat l'ajust de líquids hidràulics i **com a làmina impermeable de cobertes en l'edificació**. Té un gruix de 3 mm i una densitat de 1,13 g/cm³.

L'àrea del casquet esfèric de la coberta:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

Primer cal calcular el radi del casquet:

$$R = \frac{r^2 + h^2}{2h}$$

$$R = \frac{3,6^2 + 1,73^2}{2 \cdot 1,73} = 4,61 \text{ m}$$

Un cop calculat el radi fictici ja es pot calcular l'àrea:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot 4,61 \cdot 1,73 = 50,11 \text{ m}^2$$

Finalment en calculem el cost:

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
EPDM	7,35	50,11	368,31

Taula 12: Cost coberta de EPDM Font: Pròpia

També cal aïllar tèrmicament el digestor de manera que es col·locarà llana mineral a l'exterior del mur. La llana mineral és un aïllant format per panells rígids de 30 mm d'espessor fixat mecànicament. La resistència tèrmica és de 0,85 m²K/W i una conductivitat tèrmica de 0,034 W/mK).

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
Llana mineral	5,80	88,21	511,62

Taula 13: Cost de l'aïllament Font: Pròpia

Per últim s'instal·larà làmines (planxes) d'acer inoxidable llises d'1 mm de gruix i 7,85 kg/m². Com que ja s'ha instal·lat la llana mineral ara cal tornar a calcular l'àrea lateral exterior. També es pintarà de color verd per reduir l'impacte ambiental i ajudar en la integració de l'entorn.

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
Planxa d'acer	18,67	88,89	1.659,66
Esmalt sintètic de color verd d'alt contingut en sòlids per ferro i acer	2,5	88,89	222,25

Taula 14: Cost de la cobertura exterior Font: Pròpia

8.3.4 Sistema d'agitació

Amb l'agitació de fluids s'aconsegueix la mescla de dos líquids miscibles, la dissolució de sòlids en líquids, la dispersió d'un gas en un líquid en forma de bombolles petites com és el cas de l'oxigen de l'aire en una suspensió de microorganismes per la fermentació, o pel procés d'activació de fangs en els tractaments determinats. A més, s'assoleix un augment de la transferència de calor entre el fluid i el serpentí del reactor. Una de les principals funcions en els tancs de digestió és el d'evitar que es creïn crostes a la superfície del llot i redueix la formació de sediments en el fons del digestor.

El sistema d'agitació escollit serà d'eix horitzontal a través d'un lateral del cilindre. L'agitador que s'utilitza per aquest tipus de reactor on no és possible situar-ne un de vertical per la membrana EPDM i, en especial en la mescla de purins, és de tipus hèlix amb tres àleps. La velocitat de flux creada, en un dipòsit, per un mesclador d'hèlix té tres components: una component radial que actua en direcció perpendicular a l'eix, una component longitudinal que actua paral·lelament a l'eix i una component rotatòria que actua en direcció tangencial al cercle de rotació de l'eix. Els agitadors d'hèlix se situen en un costat del tanc, és a dir, no segueix una direcció radial. Si es col·loca l'agitador a un punt diferent de l'eix central del tanc s'evita la formació de remolins. D'aquesta manera el flux segueix una trajectòria circular i torna al mateix punt de partida sense deixar espais morts.

Amb un angle d'inclinació respecte l'horitzontal crearà un flux dirigit al fons del tanc que evitarà l'acumulació de sediments. En aquest cas se segueix el criteri d'elecció segons la guia tècnica de *Grundfos* (**Veure punts 3 i 4 d'annex Figures**) per tancs circulars i rectangulars.

Se sap que l'aplicació de l'agitador és de tipus 1 ja que correspon a zones anaeròbiques. Seguint la gràfica d'elecció de la relació potència/volum obtenim un valor de:

$$P = 10 \frac{W}{m^3} \cdot V$$

$$P = 10 \frac{W}{m^3} \cdot 150 m^3 = 1.500 W \rightarrow \mathbf{1,5 kW}$$

La potència de sortida és de 1,5 kW. Com que la viscositat dels purins és baixa a causa de la gran quantitat d'aigua que contenen s'escull un model que presenti una gran velocitat de rotació. Si fos viscos necessitaria més parell motor que no pas velocitat. Les característiques queden recollides en les següents taules.

Model	Material	Potència (kW)	Velocitat d'hèlix (rpm)	Q (m ³ /h)	Velocitat (m/s)	Diàmetre hèlix (cm)
AMD.15.45B.710	Acer inoxidable	1,5	710	874	1,9	45

Taula 15: Característiques del model

Font: Grundfos

Model	Potència elèctrica (kW)	N pols	Tensió nominal (V)	Connexió	Protecció
AMD.15.45B.710	2,01	8	230/400	Estrella	IP68

Taula 16: Característiques elèctriques

Font: Grundfos

8.3.5 Bescanviador de calor

El bescanviador de calor és un sistema de cicle tancat que s'encarrega de transmetre energia calorífica des d'un medi a un altre que està en contacte o bé separat per algun tipus de barrera. En aquest cas el dispositiu consta d'unes canonades d'acer inoxidable que vehicularan la calor a partir de l'aigua que circularà pel seu interior. La caldera de la planta de biogàs serà l'encarregada de subministrar calor per incrementar la temperatura de l'aigua. El recorregut de la canonada provocarà que es dissipï energia calorífica i, per tant, caldrà aïllar-la correctament. Un cop arribi al tanc de digestió, la calor del fluid es transmetrà al purí per tal d'aconseguir la temperatura de disseny mesòfila de 35 °C mitjançant un serpentí.

Segons l'Informe de *Sostenibilitat ambiental del pla d'ordenació urbanística municipal de Cardona* el règim de temperatures de la població de Cardona es defineix com a temperatures caloroses a l'estiu, amb un màxim de mitjanes al mes d'agost amb 29,6 °C, i un hivern fred, amb temperatures mínimes sota zero durant cinquanta set dies a l'any. Les mínimes absolutes varien al voltant de -7 a -12 graus centígrads als mesos de novembre a març. Mentre que la temperatura mitjana anual és de 12,7 graus centígrads. En aquest cas els valor més importants a tenir en compte són les temperatures mitjanes dels mesos més freds que són desembre, gener i febrer amb valors de 5,8 °C.

Per dimensionar el bescanviador de calor cal saber quina és la potència tèrmica requerida pel tanc de digestió. La potència tèrmica es calcula d'aquesta manera:

$$P = U \cdot A \cdot \Delta T$$

On:

U és el coeficient global de transferència de calor en ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A és l'àrea exterior del dipòsit en m^2

ΔT és la diferència de temperatura entre la temperatura ambient més desfavorable i la temperatura que hi ha d'haver dins el reactor.

El coeficient global de transferència de calor es calcula mitjançant la inversa de la suma de les resistències ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) entre la pel·lícula de substrat, la paret de formigó, l'aïllant de llana mineral, la planxa metàl·lica i l'exterior com un flux unidimensional de flux de calor. De manera que el càlcul és el següent:

$$R_t = R_p + R_f + R_l + R_m + R_a$$

La resistència tèrmica R_m de la planxa d'acer és menyspreable. La resistència tèrmica R_p correspon a la inversa del coeficient de convecció interior i R_a correspon a la inversa del coeficient de convecció a l'interior del dipòsit. La resistència tèrmica del formigó es calcula mitjançant el quocient entre l'espessor en metres de la capa de formigó i la conductivitat tèrmica la qual es considera $1,7 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

$$R_t = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e}{k} + R_l + \frac{1}{h_{ext}}$$

Mitjançant taules consultades a l'IDAE obtenim el valor de les resistències. Per calcular el coeficient de convecció externa s'utilitza la següent fórmula on v és la velocitat mitjana del vent en m/s que, segons l'Idescat, al Bages és de 1,1 m/s. L'altura de 3,6 m correspon al cilindre del reactor. Per assegurar que es pot usar la fórmula cal comprovar que el producte entre v i H és inferior a $8 \text{ m}^2/\text{s}$.

$$v \cdot H = 1,1 \cdot 3,6 = 3,96 < 8$$

$$h_{ext} = 3,96 \cdot \sqrt[4]{\frac{v}{H}} = 3,96 \cdot \sqrt[4]{\frac{1,1}{3,6}} = 2,94 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

El valor de h_{int} correspon a $50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ en l'interior del tanc per convecció forçada a causa de l'agitador.

$$R_t = \frac{1}{50} + \frac{0,3}{1,7} + 0,85 + \frac{1}{2,94} = 1,39 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

Ara només cal calcular la inversa per trobar el coeficient de transmissió de calor:

$$U = \frac{1}{1,39} = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

A continuació es calcula la potència tèrmica requerida pel reactor considerant la diferència de temperatura màxima que hi ha entre l'interior i la temperatura ambient.

$$P = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$P = 0,72 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3,93^2 \cdot 3,6 \cdot (35 - (-12)) = 11.822,19 \text{ W} \rightarrow 11,82 \text{ kW}$$

On 3,93 m correspon al radi exterior i 3,6 m a l'altura del cilindre obtenint així l'àrea exterior.

A continuació cal calcular el flux d'aigua necessari que ha de circular pel bescanviador de calor per poder cobrir la demanda tèrmica del reactor. L'aigua que entra al reactor haurà de tenir una temperatura major a la requerida a l'interior, per tant, es defineix 65 °C. Mentre que a la sortida ha de tenir una temperatura de 10 °C menys ja que haurà entregat calor al substrat. D'aquesta manera s'utilitza la fórmula que permet calcular l'energia calorífica que dissipa un material determinat.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

On:

-Q és la calor dissipada pel material en quilo Joules (kJ)

-m és la quantitat de material que experimenta el canvi de temperatura en kg

-c és la calor específica del material en (kJ/kg·°C).

- ΔT és la variació de temperatura que experimenta el material (°C).

Ara cal identificar la calor específica de l'aigua. Aquest valor canvia segons la temperatura del fluid. Com que la temperatura de l'aigua varia entre 65 i 55 graus s'agafa el valor mig que és de 4,185 kJ/kg·°C. Com que hem de buscar el cabal màssic d'aigua hem de substituir el valor de la calor pel de potencia tèrmica sabent que 1 J equival a 1 W·s. Així tenim que el cabal màssic d'aigua per segon és de:

$$m = \frac{P}{c \cdot \Delta T} = \frac{11,82}{4,185 \cdot (65 - 55)} = 0,28 \frac{kg}{s}$$

Convertint els segons en hores i el cabal màssic en cabal volumètric fent ús de la densitat de l'aigua a una temperatura de 60 graus centígrads tenim el següent:

$$m = 0,28 \frac{kg}{s} \cdot \frac{1 m^3}{983,13 kg} \cdot \frac{3600 s}{1 h} = 1,02 \frac{m^3}{h}$$

Es dissenya el bescanviador de calor amb una canonada d'acer inoxidable en la que es busca una velocitat de pas propera a 1 m/s. El cabal s'introdueix en m³/s:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{2,83 \cdot 10^{-4}}{1} = 2,83 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,83 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,019 \text{ m} \rightarrow 19 \text{ mm}$$

El diàmetre nominal més proper és de **3/4" (21,6 mm)**. El diàmetre exterior correspon a **26,9 mm** ja que el gruix és de 2,65 mm segons la Norma DIN 2440/1629/NF A 49.115. El material és acer ST 33,2. **(Veure punt 5 de l'annex Figures)**

Tot seguit es calcula l'increment logarítmic mitjà de la temperatura del reactor:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_{\text{aigua entrada}} - T_{\text{purí sortida}}) - (T_{\text{aigua sortida}} - T_{\text{purí entrada}})}{\ln\left(\frac{T_{\text{aigua entrada}} - T_{\text{purí sortida}}}{T_{\text{aigua sortida}} - T_{\text{purí entrada}}}\right)}$$

Suposant que el purí entra a 33 °C i surt a 37 °C podem resoldre la fórmula:

$$\Delta T_m = \frac{(65 - 37) - (55 - 33)}{\ln\left(\frac{65-37}{55-33}\right)} = 24,87 \text{ °C}$$

Seguidament es calcula l'àrea logarítmica mitjana de transferència de calor de la següent manera:

$$A_m = \frac{P}{U \cdot \Delta T_m}$$

Prenent el coeficient de transferència de calor com a 50 W/m²·°C en condicions desfavorables obtenim que l'àrea de transferència de calor és:

$$A_m = \frac{11.820}{50 \cdot 24,87} = 9,5 \text{ m}^2$$

Per trobar el valor de la longitud del serpentí cal definir primer el diàmetre logarítmic mitjà mitjançant els valors de la canonada en mm:

$$D_m = \frac{D_e - D_i}{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}$$

$$D_m = \frac{26,9 - 21,6}{\ln\left(\frac{26,9}{21,6}\right)} = \mathbf{24,16\ mm} \rightarrow 0,02416\ m$$

Ara ja es pot calcular la longitud del serpentí sabent que l'àrea logarítmica mitjana de transferència de calor es pot expressar geomètricament com a:

$$A_m = 2 \cdot \pi \cdot r_m \cdot L$$

Aïllem la longitud del serpentí i finalitzem el dimensionament:

$$L = \frac{A_m}{\pi \cdot D_m} = \frac{9,5}{\pi \cdot 0,02416} = \mathbf{125,16\ m}$$

Paràmetre	Valor
Q	1,02 m ³ /h
Dn	3/4 "
ΔT_m	24,87 °C
A_m	9,5 m ²
D_m	24,16 mm
L	125,16 m

Taula 17: Característiques del bescanviador de calor

Font: Pròpia

8.3.6 Aïllament

Un cop calculat el serpentí del bescanviador de calor també caldrà instal·lar dos canonades de les mateixes característiques (acer ST 33,2) per tal de poder vehicular l'aigua que s'encarrega de transportar la calor des de la caldera fins el reactor, i des d'aquest fins un altre cop la caldera completant així el circuit. Doncs bé, aquests dos trams hauran de ser de 30 metres cadascun.

Sabent que la temperatura d'entrada de l'aigua al reactor ha de ser de 65 graus centígrads i la temperatura de sortida de la caldera s'aconsella de 65 a 70 graus aproximadament, s'obliga a que la diferència de temperatura de l'aigua no superi 1 grau de diferència. D'aquesta manera es pot fer ús de la guia tècnica de l'IDAE sobre aïllaments per conduccions cilíndriques i fem servir la següent fórmula:

$$R_{total,cilíndrica} = \frac{H}{\pi \cdot r_{int}^2 \cdot d_{fluid} \cdot v_{fluid} \cdot Cp \cdot \ln\left(\frac{T_{ent}-T_{ext}}{T_{sort}-T_{ext}}\right)}$$

On:

- $R_{total,cilíndrica}$ és la resistència tèrmica de la canonada tenint en compte tota la longitud en $m \cdot ^\circ C/kW$

-H és la longitud de la canonada en metres.

- r_{int} és el diàmetre interior de la canonada en metres.

- d_{fluid} és la densitat de l'aigua en kg/m^3 a 65 graus centígrads.

- v_{fluid} és la velocitat de l'aigua en m/s.

-Cp és la calor específica de l'aigua a 65 graus centígrads en $(kJ/kg \cdot ^\circ C)$.

- T_{ent} és la temperatura en què surt l'aigua de la caldera ($^\circ C$).

- T_{sort} és la temperatura en què entra l'aigua al reactor ($^\circ C$).

- T_{ext} és la temperatura mínima del medi ambient ($^\circ C$).

Abans de substituir valors cal calcular la velocitat del fluid amb les dades que s'han obtingut en l'apartat anterior:

$$v_{fluid} = \frac{Q}{S} = \frac{2,833 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,0108^2} = \mathbf{0,77 \text{ m/s}}$$

A continuació es calcula la resistència tèrmica total cilíndrica:

$$R_{total,cilíndrica} = \frac{30}{\pi \cdot 0,0108^2 \cdot 983,13 \cdot 0,77 \cdot 4,185 \cdot \ln\left(\frac{66-(-12)}{65-(-12)}\right)}$$

$$R_{total,cilíndrica} = 2.002,73 \frac{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kW}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1.000 \text{ W}} = \mathbf{2,002 \frac{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}}$$

És possible conèixer el flux de calor total en kW transferit en els 30 metres del primer tram de canonada:

$$q = \pi \cdot r_{int}^2 \cdot d_{fluid} \cdot v_{fluid} \cdot Cp \cdot (T_{ent} - T_{sort})$$

$$q = \pi \cdot 0,0108^2 \cdot 983,13 \cdot 0,77 \cdot 4,185 \cdot (66 - 65) = \mathbf{1,16 \text{ kW}}$$

També es podria calcular utilitzant la fórmula tradicional de transferència de calor utilitzant el cabal màssic de 0,28 kg/s calculat en l'apartat anterior:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,28 \cdot 4,185 \cdot (66 - 65) = \mathbf{1,17 \text{ kW} \approx q}$$

Tot seguit s'utilitza la següent fórmula per poder trobar el gruix d'aïllament necessari:

$$R_{total,cilíndrica} = \overbrace{R_{interior}}^0 + R_{conducció} + R_{exterior}$$

La resistència interior és inversament proporcional al coeficient de convecció interior. Com que aquest valor és tan gran fa que la resistència sigui menyspreable. Pel que fa a la resistència tèrmica per conducció, existeixen dues capes a tenir en compte; la primera és l'acer amb un gruix de 2,65 mm i la segona serà la del propi aïllant i que s'haurà de calcular. En aquest cas, la resistència tèrmica per conducció de l'acer és menyspreable a causa de la gran conductivitat tèrmica que presenta. Per últim existeix la resistència tèrmica per convecció amb l'aire exterior que tampoc es tindrà en compte per aconseguir un sobredimensionament en la conducció en el cas de que la temperatura exterior fos més baixa de -12 °C. El valor de la resistència tèrmica per conducció és el següent:

$$R_{conducció} = \frac{\ln\left(\frac{D_{ext}}{D_{int}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k}$$

On:

- $R_{conducció}$ és la resistència tèrmica de la canonada tenint en compte tota la longitud en $m \cdot ^\circ C/W$

- k és la permitivitat tèrmica del polietilè expandit ($0,037 W/m \cdot ^\circ C$).

- D_{int} és el diàmetre exterior de la canonada d'acer en metres.

- D_{ext} és el diàmetre exterior de la canonada tenint en compte l'aïllant en metres.

Finalment es calcula l'espessor de llana mineral:

$$2,002 = \frac{\ln\left(\frac{D_{ext}}{0,0269}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,037}$$

$$0,465 = \ln\left(\frac{D_{ext}}{0,0269}\right)$$

$$e^{0,465} = \frac{D_{ext}}{0,0269}$$

$$D_{ext} = e^{0,465} \cdot 0,0269 = 0,04282 \text{ m} \rightarrow 42,82 \text{ mm}$$

L'espessor en mil·límetres serà de:

$$e = \frac{D_{ext} - D_{int}}{2} = \frac{42,82 - 26,90}{2} = \mathbf{8 \text{ mm}}$$

L'espessor comercial immediatament superior és de **10 mm** per canonades de diàmetre nominal de $\frac{3}{4}$ " amb un preu de 0,99 €/m. **(Veure punt 6 de l'annex Figures)**

Per altra banda, en el segon tram de tornada a la caldera el valor de $R_{total,cilíndrica}$ és el següent suposant una diferència, també, d' 1°C i una densitat de $985,65 \text{ kg/m}^3$.

$$R_{total,cilíndrica} = \frac{30}{\pi \cdot 0,0108^2 \cdot 985,65 \cdot 0,77 \cdot 4,185 \cdot \ln\left(\frac{55 - (-12)}{54 - (-12)}\right)}$$

$$R_{total,cilíndrica} = 1,714,07 \frac{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kW}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = \mathbf{1,71 \frac{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}}$$

Aquesta resistència correspon a un espessor de 6,56 mm així que s'utilitzarà la de 10 mm com és el cas anterior ja que és l' immediatament superior.

$$e = \frac{D_{ext} - D_{int}}{2} = \frac{e^{0,3975} \cdot 26,9 - 26,90}{2} = \mathbf{6,56 \text{ mm}}$$

8.4 Dimensionat de la caldera

Per saber quina potència tèrmica ha de subministrar la caldera calculem quins són els consums tèrmics actuals de la granja. La caldera instal·lada utilitza com a combustible l'estella. Sabent que el consum mensual més elevat és de 720 €/mes podem calcular la potència calorífica bruta de la caldera actual. Primer es calcula la massa d'estella anual:

$$M_{estella} = 720 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{0,08 \text{ €}} = 9.000 \text{ kg/mes}$$

Amb un poder calorífic de 3.010 kcal/kg se'n pot obtenir l'energia tèrmica mensual consumida i la potència absorbida de la caldera:

$$Q_1 = \frac{9.000 \text{ kg}}{\text{mes}} \cdot \frac{3.010 \text{ kcal}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{0,00028 \text{ kWh}}{1 \text{ kJ}} = 31.706,136 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

La potència tèrmica serà de:

$$P_1 = 31.706,136 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dies}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ hores}} = 44 \text{ kW}$$

Ara cal saber el consum tèrmic del reactor del digestor. Per fer-ho cal avaluar la demanda tèrmica mensual tenint en compte els mesos més freds de l'any.

Mes	T mitjana (°C)
Desembre	13,3
Gener	12,5
Febrer	14,5
Març	17,1

Taula 18: Temperatura mitjana mensual dels mesos més fred Font: Climate

Avaluem ara la calor requerida pel tanc de digestió al mes més desfavorable, és a dir, el més de gener que presenta una temperatura mitjana de 12,5 graus centígrads segons la taula 18:

$$P = m_{\text{purí}} \cdot c \cdot \Delta T$$

On:

-P és la potència tèrmica requerida pel purí en Joules (kW)

-m és la quantitat de material de l'afluent en 0,17 kg/s.

$$15 \frac{t}{dia} \cdot \frac{1.000 kg}{1 t} \cdot \frac{1 dia}{24 hores} \cdot \frac{1 hora}{3.600 s} = 0,17 kg/s$$

-c és la calor específica del material en (kJ/kg·°C).

- ΔT és la variació de temperatura que experimenta el purí (°C).

Substituint valors obtenim que la potència tèrmica requerida és de:

$$P_2 = 0,17 \cdot 4,185 \cdot (35 - 12,5) = 16 kW$$

La potència de la caldera ha de ser, doncs, de:

$$P_t = P_1 + P_2 = 44 + 16 = 60 kW$$

La potència requerida pel serpentí del reactor hauria de ser un 25 % del total com a mesura orientativa. Es comprova a continuació:

$$\% P_2 = \frac{16}{60} \cdot 100 = 26,67 \% \approx 25 \%$$

La caldera de gas (figura 8) que s'escull és del tipus de condensació Viessman Vitodens per ús exclusiu de calefacció i no d'aigua calenta sanitària amb un preu de **2.963,24 €**.



Pel que fa a les característiques tècniques, la caldera mural de condensació de gas és de les més petites de la seva classe. El cremador cilíndric a gas Matrix i la superfície de transmissió d'acer inoxidable cilíndrica són necessaris per la combinació per aconseguir l'eficiència energètica de tipus A. Presenta una altura de 850 mm, 480 mm d'amplada i una profunditat de 380 mm amb un pes de 65 kg.

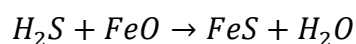
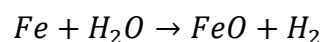
Figura 8: Caldera de gas Font: Web comercial

8.5 Equips auxiliars

Per tal de poder valoritzar energèticament el gas, caldrà condicionar-lo prèviament mitjançant dos processos. El primer procés es tracta de la dessulfuració que consisteix en eliminar l'àcid sulfhídric H_2S del biogàs sent el compost que causa majors problemes, ja que és extremadament verinós i al cremar-se forma òxids de sofre amb els riscos de corrosió i contaminació que comporten en la caldera i en el medi ambient respectivament. El segon tractament consisteix en la condensació de l'aigua. El biogàs que es produeix en el reactor es troba saturat de vapor d'aigua i cal condensar-lo per poder optimitzar el poder calorífic del biogàs.

D'aquesta manera cal instal·lar uns filtres en sèrie dins d'un tanc cilíndric en el circuit de gas entre el reactor i el gasòmetre. Aquests filtres són membranes amb llimadures de ferro sense oxidar en els quals el sulfur d'hidrogen es converteix en sulfur de ferro amb l'ajuda de l'aigua present al biogàs. Aquesta aigua condensada i el sulfur de ferro es recull per la part inferior del cilindre. (Elías et al., 2012)

Les dues reaccions que tenen lloc són les següents:



8.6 Generador de gas

A continuació es comprova que la caldera pot subministrar suficient energia tèrmica en el mes més desfavorable; el gener. Tenint en compte que la caldera de gas ha de subministrar la màxima potència tèrmica (60 kW) obtenim la següent demanda diària en kWh/dia:

$$Q_{m\grave{a}x} = P_{m\grave{a}x} \cdot t$$

Amb un funcionament continu de 24 hores:

$$Q_{m\grave{a}x} = 60 \text{ kW} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{dia}} = \mathbf{1.440 \text{ kWh/dia}}$$

El biogàs que s'obté és de 290,77 m³/dia. Això fa que l'energia subministrada a la caldera sigui de:

$$Q_{biog\grave{a}s} = 290,77 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot \frac{6,4 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3} = \mathbf{1.860,93 \text{ kWh/dia}}$$

Tot i que la caldera de condensació té rendiments molt elevats, es comprova amb un rendiment del 90 % per suposar males condicions i obtenir certesa:

$$Q_{disponible} = 90 \% \text{ de } Q_{biog\grave{a}s} = 0,9 \cdot 1.860,93 = \mathbf{1.674.84 \text{ kWh/dia}}$$

La calor disponible continua sent superior a la màxima demandada.

Sabent que el consum mitjà mensual d'estella és de 300 €/mes es pot fer una previsió de la demanda tèrmica:

$$M_{granja} = 300 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{0,08 \text{ €}} = 3.750 \text{ kg/mes}$$

$$Q_{granja} = \frac{3.750 \text{ kg}}{\text{mes}} \cdot \frac{3.010 \text{ kcal}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{0,00028 \text{ kWh}}{1 \text{ kJ}} = 13.210,89 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Es calcula a continuació la calor requerida del reactor suposant una temperatura mitjana mensual de 16,8 graus centígrads. El cabal de purí és de 0,17 kg/s.

$$P_{bescanviador} = m_{purí} \cdot c_{purí} \cdot (T_{reactor} - T_{mitjana})$$

$$P_{bescanviador} = 0,17 \cdot 4,185 \cdot (35 - 16,8) = 12,95 \text{ kW}$$

Amb un funcionament continu, l'energia demandada és de:

$$Q_{bescanviador} = 12,95 \text{ kW} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{30,5 \text{ dies}}{1 \text{ mes}} = 9.479,40 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

El consum total serà la suma de Q_{granja} i $Q_{bescanviador}$:

$$Q_{mensual} = 22.690,29 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Finalment, l'excés de biogàs serà de:

$$Q_{excés} = Q_{disponible} - Q_{mensual}$$

$$Q_{excés} = 1.860,93 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \cdot \frac{30,5 \text{ dies}}{1 \text{ mes}} - 22.690,29 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} = 34.068,08 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

$$V_{\text{biogàs}} = 34.068,08 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{6,4 \text{ kWh}} = 5.323,14 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Per tant, es proposa vendre l'excedent de biogàs en forma d'energia elèctrica mitjançant un motor-generador de gas. Cal recordar que la potència màxima requerida per la caldera és de 1.440 kWh/dia. La calor màxima entregada pel biogàs és de 1.860,93 kWh/dia. Amb un equip de cogeneració, la transformació d'energia calorífica del combustible a la calor aprofitable és del quaranta per cent aproximadament.

$$Q_{\text{tèrmica}} = 1.860,93 \cdot 0,4 = 744,37 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} < 1.440 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

L'objectiu de cobrir la demanda tèrmica de la granja no es compliria amb només un equip de cogeneració i cal la caldera de condensació. Amb el generador de gas es podrà autoconsumir energia i vendre l'excedent. No es contempla aprofitar la calor ja que no hi ha cap ús possible. L'excés energètic de biogàs és de 34.068,08 kWh/mes. L'energia elèctrica serà de:

$$E_{\text{elèctrica}} = Q_{\text{excés}} \cdot \eta$$

$$E_{\text{elèctrica}} = 34.068,08 \cdot 0,33 = 11.242,44 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Amb un equip de generació, la transformació d'energia calorífica del combustible a energia elèctrica és del trenta tres per cent aproximadament.

Com que no pot funcionar contínuament, la potència, per un temps d'operació de 8 hores al dia ha de ser:

$$P_{\text{elèctrica}} = 11.242,44 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{30,5 \text{ dies}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ hores}} = 46 \text{ kWe}$$

El generador de gas escollit és trifàsic amb una tensió de sortida de 400 V a 50 Hz amb un factor de potència de 0,8. La velocitat de rotació és de 1.500 rpm. La potència de sortida és de 60 kVA mentre que la potència activa és de 48 kW i la reactiva correspon a 36 kVA. La corrent nominal és de 83 A. El consum màxim de biogàs és de 0,58 m³/h.

8.7 Gasòmetre

El gasòmetre (figura 9) és el recipient encarregat d'emmagatzemar el gas de manera que li atorga al sistema un determinat temps d'autonomia en cas de que el reactor parés l'activitat ja sigui per motius d'avaria o per simple neteja. També garanteix pressions estables o constants de treball pel que fa al biogàs. Els gasòmetres tradicionals estan formats per dues parts: una part inferior que consta d'un tanc d'aigua i una altra, de superior formada per una coberta flotant que conté un segellat per evitar l'escapament de gas i l'admissió d'aire. Per altra banda existeix un gasòmetre de doble membrana que funciona amb un compressor. En aquest cas es pren la segona opció. Els gasòmetres de doble membrana són flexibles i es troben pressuritzats amb dues cobertes esfèriques concèntriques. Compten d'un compressor d'aire que s'encarrega de pressuritzar l'espai delimitat per la membrana exterior a una pressió P_1 . Aquesta pressió més el pes de la membrana interior generen una pressió P_2 . D'aquesta manera podem regular la pressió del biogàs. La pressió de treball varia de 10 a 25 mbar. Pel que fa al material, és un polièster amb PVC d'alta resistència mecànica i al medi. És resistent a la neu i a vents superiors als 120 quilòmetres per hora. El pes del material sol ser de 0,9 a 1,2 kg/m². Va equipat amb un sensor de medició que permet identificar el tan per cent de capacitat de la membrana interna i, en definitiva del biogàs emmagatzemat. El preu seria d'uns 6.000 €.

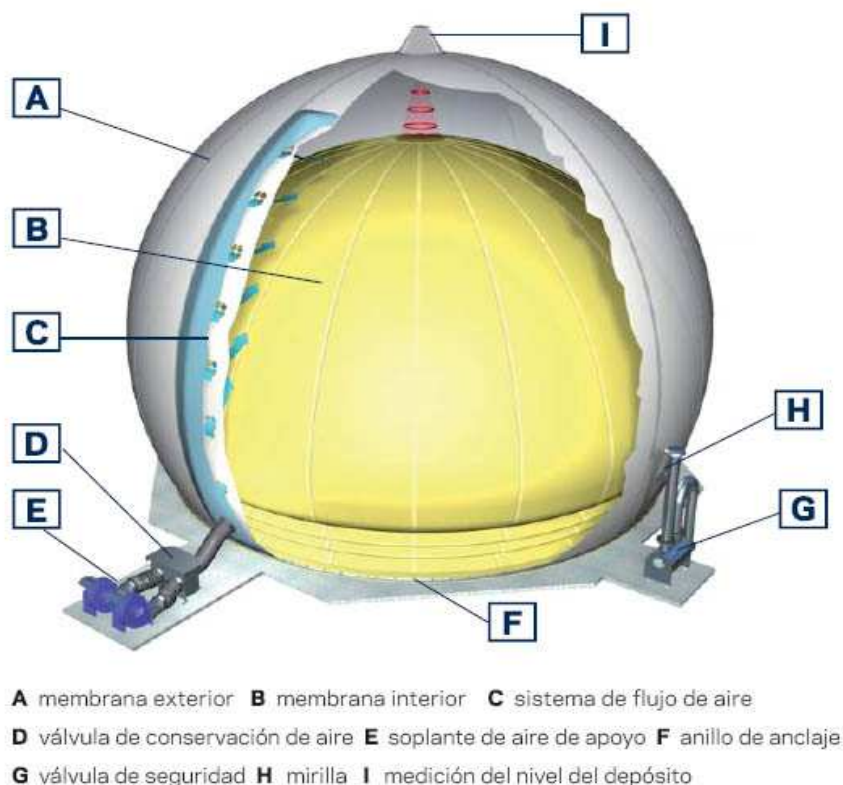


Figura 9: Gasòmetre de doble membrana Font: sustpro

Si per algun motiu se supera la pressió de seguretat de 25 mbar com pot ser l'excés de biogàs, el gasòmetre permetrà en permetrà la sortida mitjançant una vàlvula de seguretat. Caldrà instal·lar una torxa a la sortida del biogàs per cremar-lo ja que el CH₄ és massa contaminant pel que fa a gasos d'efecte hivernacle.

El volum de biogàs diari produït és de:

$$V_{biogàs} = \frac{189}{0,65} = 290,77 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Suposant una reserva de biogàs per 1 dia, per exemple per netejar el reactor o fer tasques de manteniment en algun component del reactor:

$$V_{GM} = 290,77 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 1 \text{ dia} = 290,77 \text{ m}^3 \simeq 291 \text{ m}^3$$

Sabent que el gasòmetre té una geometria de $\frac{3}{4}$ d'esfera aproximadament:

$$V = \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \pi \cdot r^3$$

Ara podem calcular el diàmetre de la primera membrana, la interior:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{291}{\pi}} = 4,52 \text{ m}$$

Així caldrà pavimentar el sòl de la mateixa manera que s'ha de fer per la construcció del reactor de mescla completa.

La pavimentació serà circular amb formigó armat de 10 cm de gruix que formarà la solera. S'hi afegeix un additiu hidròfug per impermeabilitzar.

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
HA-25	19,00	80	1.520

Taula 19: Cost de la pavimentació Font: Pròpia

8.8 Dipòsit de recepció i agitador vertical

Per tal de poder alimentar el digester correctament caldrà fer una mescla prèvia dels tres tipus de purins que existeixen a la granja. Per fer-ho caldrà dimensionar un tanc de formigó circular que rebí els fluxos de purins procedents de les fosses respectives. Per tal d'homogeneïtzar el substrat s'haurà de posar un agitador vertical i una tapa metàl·lica per protegir els purins de les condicions climàtiques i, sobretot, de la pluja.

Es dimensiona un dipòsit que tingui una capacitat d'autonomia de 2 dies per si hi hagués algun problema amb les bombes o canonades que alimenten el dipòsit de recepció.

De manera que el volum que ha de tenir és el següent:

$$V = Q \cdot t$$

Sabent que el cabal d'alimentació del digester és de 15 m³/dia i l'autonomia del dipòsit és de 2 dies:

$$V = 15 \cdot 2 = 30 \text{ m}^3$$

Les dimensions del dipòsit han de ser tals que l'altura i el diàmetre tinguin el mateix valor. Així tenim que el volum ha de ser:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h = \frac{\pi}{4} \cdot h^3$$

Aïllem l'altura h:

$$h = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 30}{\pi}} = 3,37 \text{ m} = D$$

El material serà de formigó armat de 30 cm de gruix de manera que caldrà realitzar un encofrat amb planxes de 3 a 6 metres d'altura. La base serà una pavimentació de 10 cm d'espessor de manera que caldrà afegir additius hidròfugs per impermeabilitzar el tanc. Es podran aprofitar els mateixos materials i recursos que serviran per instal·lar el reactor. D'aquesta manera s'estalviaran costos de transport extra.

-El paviment que servirà de solera pel tanc de recepció:

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
HA-25	19,00	9	171,00

Taula 20: Cost de la pavimentació Font: Pròpia

-El volum de formigó armat que s'haurà de fer servir és de 11,66 m³.

Tipus de material	Preu (€/m ³)	Volum (m ³)	Preu total (€)
Mur de formigó	316,00	11,66	3684,56

Taula 21: Cost del mur de formigó Font: Pròpia

Es col·loca una planxa metàl·lica d'acer inoxidable de 2 mm de gruix i un pes específic de 15,70 kg/m² per cobrir el dipòsit. Les dimensions han de ser de 3,6 m de diàmetre. Es calcula la superfície:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \pi \cdot 1,8^2 = 10,18 \text{ m}^2$$

D'aquesta manera el preu ascendeix a:

Tipus de material	Preu (€/m ²)	Superfície (m ²)	Preu total (€)
Planxa metàl·lica	36,69	10,18	373,50

Taula 22: Cost de la cobertura Font: Pròpia

Ara cal definir quin serà l'agitador vertical que s'encarregarà d'homogeneïtzar la mescla dels diferents purins que arriben al tanc de recepció. Caldrà perforar la planxa metàl·lica d'acer inoxidable per poder introduir-hi l'agitador vertical. També és necessari escollir correctament el tipus d'agitador que es necessita en aquest cas. D'agitadors verticals se'n destaquen els de pales, els de turbina i els d'hèlix que eren els propis de l'agitació lateral però que no són tant indicats per posicions verticals. En aquest cas es decideix la instal·lació d'un agitador de turbina radial que permet treballar en àmplies diversitats de viscositats. També és molt útil per sòlids en suspensió ja que les corrents flueixen cap avall i aixequen els sediments dipositats. En les proximitats del rodets existeix una zona de corrents ràpides, d'alta turbulència i intensos esforços tallants. Les corrents que genera aquest agitador vertical són radials i tangencials.

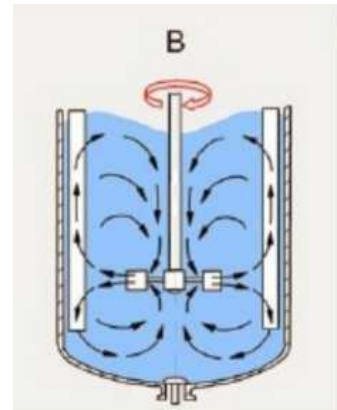


Figura 10: Turbina vertical Font: Cercador web

L'elecció del tipus d'agitador es realitza en base amb la viscositat del fluid (taula 23). D'aquesta manera, com a criteri d'elecció podem fer servir la següent taula (1 cps = 1 mPa·s) sabent que els purins tenen una viscositat mitjana de 3 cps.

Viscositat (cps)	Tipus d'agitador vertical
50-5.000	Ancora
1-10.000	Turbines
100-10.000	Paletes
5.000-500.000	Comportes
10.000-10 ⁷ <	Hèlix

Taula 23: Tipus d'agitadors verticals en funció de la viscositat Font: Guia tècnica

Per calcular la posició de la turbina en el dipòsit cal calcular diferents paràmetres que s'apliquen si el tanc té una relació diàmetre/altura d' 1:1 com és el cas. La turbina se situa en el centre del tanc.

Primer de tot cal calcular el diàmetre de la turbina D_a , és a dir, l'amplada màxima que ocuparà l'agitador dins del tanc.

$$D_a = \frac{1}{3} \cdot D_t$$

On D_t és el diàmetre del tanc.

$$D_a = \frac{1}{3} \cdot 3,37 = 1,12 \text{ m}$$

A continuació s'ha de calcular l'altura E en què es posarà el rodet respecte la base del dipòsit:

$$\frac{E}{D_a} = 1 \rightarrow D_a = E$$

$$E = 1,12 \text{ m}$$

Els àleps de la turbina han de tenir una amplada aproximada que depèn del diàmetre de l'agitador. És un valor que serveix com a orientació però difícilment es pot complir ja que els models d'agitadors tenen unes dimensions invariables.

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$W = \frac{1,12}{5} = 0,22 \text{ m} \rightarrow 22 \text{ cm}$$

Per últim cal calcular l'amplada dels deflectors. Els deflectors són plaques que s'utilitzen per millorar l'efectivitat de l'agitació amb la reducció de remolins.

$$J = \frac{D_t}{12}$$

Substituint el diàmetre del tanc:

$$J = \frac{3,37}{12} = 0,28 \rightarrow 28 \text{ cm}$$

Caldrà col·locar quatre deflectors d'acer inoxidable de 28 cm d'amplada cadascun.

A continuació es calcula el número de Reynolds mitjançant la següent fórmula

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 \cdot N \cdot \delta}{\mu}$$

On D_a es troba en metres, N és la velocitat de rotació de l'agitador en revolucions per segons, δ és la densitat del fluid en kg/m^3 i μ la viscositat dinàmica en $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Per trobar el valor de N cal predefinir la velocitat en què s'ha de moure l'agitador i convertir-la en rev/s. Es decideix una velocitat d' 1 m/s a causa de la baixa viscositat del fluid. El valor del radi r correspon a la meitat del diàmetre de l'agitador D_a .

$$v = \omega \cdot r$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1}{0,56} = 1,78 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} = \mathbf{0,28 \frac{\text{rev}}{\text{s}}} = N$$

Substituint valors a la fórmula del número de Reynolds obtenim el següent valor:

$$N_{Re} = \frac{1,12^2 \cdot 0,28 \cdot 1.000}{0,003} = \mathbf{117.077,33}$$

Com que el número de Reynolds és superior a 10.000 indica que l'agitador treballa en règim turbulent. Seguint la gràfica del **punt 7 de l'annex Figures**, per un número de Reynolds d'aproximadament 100.000 i la línia que indica la turbina radial obtenim el número de potència:

$$N_p = 8$$

També se'n obté el número de cabal:

$$N_q = 2,5$$

Els dos nombres són adimensionals. Però gràcies a aquests es pot trobar la potència que ha de tenir el motor de l'agitador i el cabal que vehicula el dispositiu.

Número de potència:

$$N_p = \frac{P}{N^3 \cdot D_a^5 \cdot \delta}$$

A continuació es calcula la potència absorbida per l'agitador en watts:

$$P = N_p \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \delta$$

$$\mathbf{P = 8 \cdot 0,28^3 \cdot 1,12^5 \cdot 1.000 = 309,49 W}$$

La potència mínima d'aquests tipus d'agitadors és de **500 W**.

Sabent que el cabal, segons el criteri d'elecció del **punt 7 de l'annex Figures** es pot calcular de la següent manera:

$$Q = N_q \cdot N \cdot D_a^3$$

Substituint valors obtenim que el cabal vehiculat per l'agitador vertical és de:

$$Q = 2,5 \cdot 0,28 \cdot 1,12^3 = 0,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

8.9 Càlcul de les bombes

8.9.1 Bomba de la primera fossa

Per poder subministrar el purí de les fosses de les granges al tanc d'alimentació caldran dues bombes d'impulsió que se situaran dins de les pròpies fosses. La primera bomba se situarà dins la fossa que rep els purins dels mòduls de les truges i dels porcs de transició i impulsarà el substrat fins el dipòsit d'alimentació. Per tant el volum diari que rep la primera fossa és de:

$$Q_{fossa\ 1} = Q_{truges} + Q_{transició} = 7 + 1 = 8 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Les canonades que transportaran els purins seran d'acer ST 33,2 seguint la **Norma DIN 2440. (Veure punt 5 de l'annex Figures)**. Cal un material resistent a la variable composició del purí i a una zona d'activitat agrícola on el material plàstic pot patir danys.

Primer de tot cal definir quina és la fórmula que permet calcular la potència d'una bomba:

$$P \text{ (CV)} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_t}{75 \cdot \eta}$$

On:

- γ és la densitat del fluid en kg/m^3
- Q el cabal vehiculat en m^3/s
- H_t consisteix en l'altura manomètrica
- η és el rendiment de la bomba en tant per u

El cabal vehiculat hauria de ser de $8 \text{ m}^3/\text{dia}$. No obstant, per no haver de mantenir la bomba d'impulsió en funcionament contínuament es dissenya un temps d'operació de 2 hores. Així el cabal de la bomba ha de ser de:

$$Q_{B1} = 8 \cdot 12 = 96 \frac{m^3}{dia} \cdot \frac{1 dia}{24 h} \cdot \frac{1 h}{3.600 s} = 0,0011 \frac{m^3}{s}$$

A continuació cal calcular quin és el diàmetre que ha de tenir la canonada de acer segons l'expressió que permet calcular el diàmetre més econòmic:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$$

On d és el diàmetre en metres i Q el cabal en metres cúbics per segon. Ara només cal substituir els valors:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{0,0011} = 0,050 m \rightarrow \mathbf{50 mm}$$

El diàmetre nominal comercial més proper és de 2 polsades (53 mm).

Calculem ara la velocitat que produeix la secció d'aquest diàmetre:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0011}{\pi \cdot 0,026^2} = 0,52 m/s$$

Observem que la velocitat és massa baixa ja que es recomana una velocitat propera a 1 m/s. Escollim doncs el diàmetre nominal d'1 1/4" (**35,9 mm**). D'aquesta manera la velocitat dels purins passa a ser:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0011}{\pi \cdot 0,018^2} = \mathbf{1,08 m/s}$$

Tot seguit cal trobar el valor de l'altura manomètrica (totes les altures estan en metres):

$$H_t = H_g + h_f$$

On H_g és l'altura geomètrica en metres que consisteix en la diferència de cota entre la bomba i la part superior on es vol impulsar el fluid.

h_f es tracta de les pèrdues de càrrega en metres.

H_t és l'altura manomètrica o l'altura real que s'haurà de tenir en compte alhora de fer el càlcul de la potència de la bomba.

En aquest cas, l'altura geomètrica que hi ha entre el fons de la fossa de col·lecció i la part superior del dipòsit d'alimentació és la següent:

$$H_g = 5 \text{ m}$$

Aquesta altura és la corresponent a la profunditat de la fossa. Com que el dipòsit d'alimentació i la base de la fossa es troben en la mateixa cota, obtenim que el valor més alt que ha de superar la bomba és la sortida de la pròpia fossa.

Ara, cal calcular quines són les pèrdues de càrrega o altura h_f . Per fer-ho cal saber quins són els elements que provoquen les pèrdues d'altura:

- **Les canonades:**

La pèrdua de pressió de les canonades en metres venen determinades, tant en règims turbulents com laminars per la següent fórmula:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

On f és el factor de fricció adimensional, L la longitud de la canonada en metres, D el diàmetre en metres sempre i quan sigui circular, v la velocitat mitjana (m/s) i g la gravetat (m/s^2).

Primer de tot cal saber quin és el valor del factor de fricció per canonades d'acer a unes condicions determinades. Calculem primer el número de Reynolds per saber si el purí es mourà en règim laminar, transició o turbulent:

$$Re = \frac{\delta \cdot v \cdot D}{\mu}$$

(Veure punts 8 i 9 de l'annex Figures)

Substituint valors característics pel purí, la velocitat en m/s trobada anteriorment i el diàmetre en metres que també ha estat definit tenim que:

$$Re = \frac{1.000 \cdot 1,08 \cdot 0,0359}{0,003} = 12.924 > 10.000 \rightarrow \text{Règim turbulent}$$

Al estar en règim turbulent podem aplicar el diagrama de Moody que permet trobar el factor de fricció a partir del número de Reynolds i la rugositat relativa.

A continuació es calcula la rugositat relativa:

$$\text{rugositat relativa} = \frac{e}{D}$$

On e correspon a la rugositat absoluta del material de la canonada en mm i D és el diàmetre interior de la canonada també en mm. En aquest cas el material es tracta d'acer.

$$\text{rugositat relativa} = \frac{0,15}{35,9} = 0,004$$

Mitjançant el diagrama de Moody obtenim que el factor de fricció f és de:

$$f = 0,035$$

Es comprova el resultat mitjançant l'equació de Barr on λ és el factor de fricció:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,004}{3,7} + \frac{5,1286}{12.924^{0,89}} \right) = 5,31$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{5,31} \right)^2 = 0,0355 \approx 0,035$$

Tot seguit es calcula les pèrdues d'altura per les canonades rectes de manera que tenim el següent:

Tram	Longitud (m)	H _f (m)
1-2	5,00	0,29
2-3	5,00	0,29

3-4	8,00	0,46
4-5	3,50	0,20
		$\sum_{i=1}^3 h_f = 1,24$

Taula 24: Pèrdues d'altura per la longitud de les canonades Font: Pròpia

- **Els colzes**

També cal avaluar els colzes que presenta el recorregut, les vàlvules i les pèrdues que generen. En total existeixen cinc colzes de 90 graus cadascun que permeten donar la forma necessària a la canonada per tal de què pugui vehicular el fluid des de la fossa fins el tanc d'alimentació. Les pèrdues pels colzes vindran donades per l'equivalència en metres longitudinals. En aquest cas, per un diàmetre de 35,9 mm, la longitud equivalent és de 1,3 m:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 0,035 \cdot \left(\frac{5 \cdot 1,3}{0,0359}\right) \cdot \left(\frac{1,08^2}{2 \cdot 9,81}\right) = 0,40 \text{ m}$$

En aquest cas no hi ha vàlvules, l'única manera de controlar el flux és mitjançant la bomba hidràulica. L'altura manomètrica serà:

$$H_t = H_g + h_f = 5 + 1,24 + 0,40 = 6,64 \approx 7 \text{ m}$$

La potència de la bomba, aplicant el factor de seguretat de 1,25 per evitar que el motor treballi a plena càrrega, serà:

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_t}{75 \cdot \eta} = \frac{1,25 \cdot 1000 \cdot 0,0011 \cdot 7}{75 \cdot 0,65} = 0,20 \text{ CV} \rightarrow \mathbf{145 \text{ W}}$$

8.9.2 Bomba de la segona fossa

Un cop calculada la primera bomba cal definir el segon dispositiu que s'encarregarà de transportar els purins de la fossa del mòdul d'engreix al tanc de recepció. El volum diari que rep la segona fossa és:

$$Q_{fossa 2} = Q_{engreix} = 7 \frac{m^3}{dia}$$

El cabal vehiculat hauria de ser de 7 m³/dia. Però com en el cas anterior, per no haver de mantenir la bomba d'impulsió en funcionament contínuament es dissenya un temps d'operació de 2 hores. Així el cabal de la bomba ha de ser de:

$$Q_{B2} = 7 \cdot 12 = 84 \frac{m^3}{dia} \cdot \frac{1 dia}{24 h} \cdot \frac{1 h}{3.600 s} = 0,0010 \frac{m^3}{s}$$

A continuació cal calcular quin és el diàmetre que ha de tenir la canonada d'acer segons l'expressió que permet calcular el diàmetre més econòmic:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$$

On d és el diàmetre en metres i Q el cabal en metres cúbics per segon. Ara només cal substituir els valors:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{0,0010} = 0,047 m \rightarrow \mathbf{47 mm}$$

Ja sabem que la velocitat serà massa baixa ja que s'ha calculat en l'apartat anterior per un valor semblant ja que la recomanable és una velocitat propera a 1 m/s. Escollim doncs el diàmetre nominal d'1 1/4 " (**35,9 mm**). D'aquesta manera la velocitat de l'aigua passa a ser:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0010}{\pi \cdot 0,018^2} = \mathbf{1 m/s}$$

En aquest cas, l'altura geomètrica que hi ha entre el fons de la fossa de col·lecció i la part superior del dipòsit d'alimentació és la mateixa ja que les característiques constructives de les granges són les mateixes.

$$H_g = 5 m$$

Ara, cal calcular quines són les pèrdues de càrrega o altura h_f . Per fer-ho cal saber quins són els elements que provoquen les pèrdues d'altura:

- **Les canonades:**

Primer de tot cal saber quin és el valor del factor de fricció per canonades d'acer a unes condicions determinades. Calculem primer el número de Reynolds per saber si el purí es mourà en règim laminar, transició o turbulent substituint valors característics pel purí, la velocitat en m/s trobada anteriorment i el diàmetre en metres que també ha estat definit tenim que:

$$Re = \frac{1.000 \cdot 1 \cdot 0,0359}{0,003} = 11.966,67 > 10.000 \rightarrow \text{Règim turbulent}$$

Al estar en règim turbulent podem aplicar el diagrama de Moody que permet trobar el factor de fricció a partir del número de Reynolds i la rugositat relativa.

A continuació es calcula la rugositat relativa:

$$\text{rugositat relativa} = \frac{e}{D}$$

On e correspon a la rugositat absoluta del material de la canonada en mm i D és el diàmetre interior de la canonada també en mm. En aquest cas el material es tracta d'acer.

$$\text{rugositat relativa} = \frac{0,15}{35,9} = 0,004$$

Mitjançant el diagrama de Moody obtenim que el factor de fricció f és de:

$$f = 0,036$$

Es comprova el resultat mitjançant l'equació de Barr on λ és el factor de fricció:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,004}{3,7} + \frac{5,1286}{11.966,67^{0,89}} \right) = 5,28$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{5,28} \right)^2 = 0,0358 \approx \mathbf{0,036}$$

Tot seguit es calcula les pèrdues d'altura per les canonades rectes de manera que tenim el següent:

Tram	Longitud (m)	H _f (m)
1-2	5,00	0,25
2-3	5,00	0,25
3-4	20,00	1,02
4-5	3,50	0,18
		$\sum_{i=1}^3 h_f = 1,70$

Taula 25: Pèrdues d'altura per la longitud de les canonades Font: Pròpia

En aquest cas es pot apreciar que la distància 3-4 és més elevada perquè el mòdul d'engreix es troba darrere del mòdul de producció la bomba del qual s'ha calculat en l'apartat anterior.

- **Els colzes**

També cal avaluar els colzes que presenta el recorregut, les vàlvules i les pèrdues que generen. En total existeixen cinc colzes de 90 graus cadascun que permeten donar la forma necessària a la canonada per tal de què pugui vehicular el fluid des de la fossa fins el tanc d'alimentació. Les pèrdues pels colzes vindran donades per l'equivalència en metres longitudinals. En aquest cas, per un diàmetre de 35,9 mm, la longitud equivalent és de 1,3 m:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0,036 \cdot \left(\frac{5 \cdot 1,3}{0,0359} \right) \cdot \left(\frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 0,33 \text{ m}$$

Tampoc existeix la presència de vàlvules, llavors l'altura manomètrica serà de:

$$H_t = H_g + h_f = 5 + 1,70 + 0,33 = 7,03 \approx 7,10 \text{ m}$$

La potència de la bomba serà menor que l'anterior a causa del menor cabal que ha de transportar. Aplicant el factor de seguretat de 1,25 per evitar que el motor treballi a plena càrrega:

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_t}{75 \cdot \eta} = \frac{1,25 \cdot 1.000 \cdot 0,001 \cdot 7,10}{75 \cdot 0,65} = 0,18 \text{ CV} \rightarrow \mathbf{133 \text{ W}}$$

8.9.3 Bomba de l'afluent

Un cop dimensionades les dues bombes anteriors que permeten transportar el purí fins el tanc d'alimentació, cal dimensionar la última bomba pel que fa a la fase inicial del procés de digestió anaeròbia que consisteix en una bomba centrífuga que s'encarregui d'introduir el cabal diari de dejeccions produït per l'explotació porcina dins el tanc per la part superior, és a dir, a un altura geomètrica de 3,6 metres.

$$Q_{afluent} = Q_{fossa 1} + Q_{fossa 2}$$

$$Q_{afluent} = 8 + 7 = \mathbf{15 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

El cabal vehiculat hauria de ser de $15 \text{ m}^3/\text{dia}$. Seguint el mateix raonament que els casos anteriors i per no haver de mantenir la bomba centrífuga en funcionament contínuament es dissenya un temps d'operació de 2 hores. Així el cabal de la bomba ha de ser superior als calculats anteriorment.

$$Q_{B3} = 15 \cdot 12 = 180 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = \mathbf{0,0021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

A continuació cal calcular quin és el diàmetre que ha de tenir la canonada de fos segons l'expressió que permet calcular el diàmetre més econòmic:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$$

On d és el diàmetre en metres i Q el cabal en metres cúbics per segon. Ara només cal substituir els valors:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{0,0021} = 0,069m \rightarrow \mathbf{69 \text{ mm}}$$

El diàmetre interior corresponent ha de ser de 68,8 mm que correspon a 2 ½ ".

La velocitat que obtenim per aquest valor és la següent:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0021}{\pi \cdot 0,034^2} = \mathbf{0,58 \text{ m/s}}$$

La velocitat no és òptima ja que la recomanable és una velocitat propera a 1 m/s. Escollim doncs el diàmetre nominal de 1 ½" (**41,8 mm**). D'aquesta manera la velocitat de l'aigua passa a ser:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0021}{\pi \cdot 0,0209^2} = \mathbf{1,53 \text{ m/s}}$$

En aquest cas, l'altura geomètrica que hi ha entre el fons del dipòsit d'alimentació i la part superior del dipòsit d'alimentació correspon a l'altura del cilindre del reactor:

$$H_g = 3,6 \text{ m}$$

Ara, cal calcular quines són les pèrdues de càrrega o altura h_f . Per fer-ho cal saber quins són els elements que provoquen les pèrdues d'altura:

- **Les canonades:**

Primer de tot cal saber quin és el valor del factor de fricció per canonades d'acer a unes condicions determinades. Calculem primer el número de Reynolds per saber si el purí es mourà en règim laminar, transició o turbulent substituint valors característics

pel purí, la velocitat en m/s trobada anteriorment i el diàmetre en metres que també ha estat definit tenim que:

$$Re = \frac{1.000 \cdot 1,53 \cdot 0,0418}{0,003} = 21.318 > 10.000 \rightarrow \text{Règim turbulent}$$

Al estar en règim turbulent podem aplicar el diagrama de Moody que permet trobar el factor de fricció a partir del número de Reynolds i la rugositat relativa.

A continuació es calcula la rugositat relativa:

$$\text{rugositat relativa} = \frac{e}{D}$$

On e correspon a la rugositat absoluta del material de la canonada en mm i D és el diàmetre interior de la canonada també en mm. En aquest cas el material es tracta d'acer.

$$\text{rugositat relativa} = \frac{0,15}{41,8} = 0,0036$$

Mitjançant el diagrama de Moody obtenim que el factor de fricció f és de:

$$f = 0,034$$

Es comprova el resultat mitjançant l'equació de Barr on λ és el factor de fricció:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,0036}{3,7} + \frac{5,1286}{21.318^{0,89}} \right) = 5,54$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{5,54} \right)^2 = 0,033 \approx 0,034$$

Tot seguit es calcula les pèrdues d'altura per les canonades rectes de manera que tenim el següent:

Tram	Longitud (m)	H _f (m)
1-2	3,50	0,34
2-3	3,50	0,34
3-4	5,00	0,50
4-5	3,60	0,36
		$\sum_{i=1}^3 h_f = 1,54$

Taula 26: Pèrdues d'altura per la longitud de les canonades Font: Pròpia

També cal avaluar els colzes que presenta el recorregut, les vàlvules i les pèrdues que generen. En total existeixen cinc colzes de 90 graus cadascun que permeten donar la forma necessària a la canonada per tal de què pugui vehicular el fluid des del tanc d'alimentació fins el reactor. Les pèrdues pels colzes vindran donades per l'equivalència en metres longitudinals. En aquest cas, per un diàmetre de 41,8 mm, la longitud equivalent és de 1,3 m:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 0,034 \cdot \left(\frac{5 \cdot 1,3}{0,0418}\right) \cdot \left(\frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81}\right) = 0,63 \text{ m}$$

En aquest cas es col·loca una vàlvula de comporta a l'entrada de l'afluent de manera que les pèrdues d'altura per aquest dispositiu ascendeixen a:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 0,034 \cdot \left(\frac{1,3}{0,0418}\right) \cdot \left(\frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81}\right) \approx 0,13 \text{ m}$$

Ara ja es pot calcular l'altura manomètrica total:

$$H_t = H_g + h_f = 3,6 + 1,54 + 0,63 + 0,13 = 5,9 \approx 6 \text{ m}$$

La potència de la bomba serà menor que l'anterior a causa del menor cabal que ha de transportar. Aplicant el factor de seguretat de 1,25 per evitar que el motor treballi a plena càrrega:

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_t}{75 \cdot \eta} = \frac{1,25 \cdot 1.000 \cdot 0,0021 \cdot 6}{75 \cdot 0,65} = 0,32 \text{ CV} \rightarrow \mathbf{238 \text{ W}}$$

8.9.4 Bomba de l'efluent

La bomba centrífuga de l'efluent s'encarrega de succionar el substrat per tal de mantenir una renovació constant en el temps dins el reactor de manera que els paràmetres de disseny puguin adequar-se correctament. Aquesta bomba funciona directament instal·lada en el tub d'acer que ha de connectar el reactor amb el separador sòlid-líquid. Es calcula de la mateixa manera que les anteriors de manera que caldrà saber el cabal que ha de succionar. A continuació es calcula el cabal de l'efluent mitjançant un balanç de matèria:

$$Q_{afluent} = Q_{biogàs} + Q_{efluent}$$

$$Q_{efluent} = Q_{afluent} - Q_{biogàs}$$

Per fer el balanç de matèria tots els cabals en m³/dia han de ser convertits en t/dia multiplicant per la densitat de cada component:

$$Q_{màssic\ efluent} = Q_{afluent} \cdot d_{afluent} - Q_{biogàs} \cdot d_{biogàs}$$

La densitat del biogàs varia entre 1,2 i 1,3 kg/m³, substituint valors obtenim el següent:

$$Q_{efluent} = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} - 290,77 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{màssic\ efluent} = \mathbf{14,65 \text{ t/dia}}$$

Com que la producció de biogàs prové de la destrucció de sòlids volàtils podem considerar que la densitat de sortida continua sent 1.000 kg/m³ ja que la major part de la composició de l'efluent continua sent aigua.

$$Q_{\text{efluent}} = 14,65 \frac{t}{\text{dia}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1 t} = \mathbf{14,65 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

El cabal vehiculat hauria de ser de 14,65 m³/dia. Però com en els casos anteriors, per no haver de mantenir la bomba d'impulsió en funcionament contínuament es dissenya un temps d'operació de 2 hores. Així el cabal de la bomba ha de ser de:

$$Q_{B4} = 14,65 \cdot 12 = 175,8 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = \mathbf{0,002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

A continuació cal calcular quin és el diàmetre que ha de tenir la canonada d'acer segons l'expressió que permet calcular el diàmetre més econòmic:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$$

On d és el diàmetre en metres i Q el cabal en metres cúbics per segon. Ara només cal substituir els valors:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{0,002} = 0,067 \text{ m} \rightarrow \mathbf{67 \text{ mm}}$$

Ja sabem que la velocitat serà massa baixa ja que s'ha calculat en anterioritat per valors semblants ja que la recomanable és una velocitat propera a 1 m/s. Escollim doncs el diàmetre nominal de 1 1/2" (**41,8 mm**). D'aquesta manera la velocitat de l'aigua passa a ser:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,002}{\pi \cdot 0,0209^2} = \mathbf{1,46 \text{ m/s}}$$

En aquest cas, l'altura geomètrica que hi ha entre la descàrrega de l'efluent i la bomba de succió és de:

$$H_g = 3,6 \text{ m}$$

Ara, cal calcular quines són les pèrdues de càrrega o altura h_f . Per fer-ho cal saber quins són els elements que provoquen les pèrdues d'altura:

- **Les canonades:**

Primer de tot cal saber quin és el valor del factor de fricció per canonades d'acer a unes condicions determinades. Calculem primer el número de Reynolds per saber si el purí es mourà en règim laminar, transició o turbulent substituint valors característics pel purí, la velocitat en m/s trobada anteriorment i el diàmetre en metres que també ha estat definit:

$$Re = \frac{1.000 \cdot 1,46 \cdot 0,0418}{0,003} = 20.342,67 > 10.000 \rightarrow \textbf{Règim turbulent}$$

Al estar en règim turbulent podem aplicar el diagrama de Moody que permet trobar el factor de fricció a partir del número de Reynolds i la rugositat relativa.

A continuació es calcula la rugositat relativa:

$$\text{rugositat relativa} = \frac{e}{D}$$

On e correspon a la rugositat absoluta del material de la canonada en mm i D és el diàmetre interior de la canonada també en mm. En aquest cas el material es tracta d'acer.

$$\text{rugositat relativa} = \frac{0,15}{41,8} = 0,0036$$

Mitjançant el diagrama de Moody obtenim que el factor de fricció f és de:

$$\textbf{f = 0,033}$$

Es comprova el resultat mitjançant l'equació de Barr on λ és el factor de fricció:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,0036}{3,7} + \frac{5,1286}{20.342,67^{0,89}} \right) = 5,53$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{5,53} \right)^2 = 0,0327 \approx \mathbf{0,033}$$

Tot seguit es calcula les pèrdues d'altura per les canonades rectes de manera que tenim el següent:

Tram	Longitud (m)	H _f (m)
1-2	3,60	0,31
2-3	10,00	0,86
		$\sum_{i=1}^3 h_f = 1,17$

Taula 27: Pèrdues d'altura per la longitud de les canonades Font: Pròpia

També cal avaluar els colzes que presenta el recorregut, les vàlvules i les pèrdues que generen. En total existeixen quatre colzes de 90 graus cadascun que permeten donar la forma necessària a la canonada per tal de què pugui vehicular el fluid des del reactor fins el separador sòlid-líquid. Les pèrdues pels colzes vindran donades per l'equivalència en metres longitudinals. En aquest cas, per un diàmetre de 41,8 mm, la longitud equivalent és de 1,3 m:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0,033 \cdot \left(\frac{4 \cdot 1,3}{0,0418} \right) \cdot \left(\frac{1,46^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 0,45 \text{ m}$$

En aquest cas es col·loca una vàlvula de comporta a la sortida de l'efluent de manera que les pèrdues d'altura per aquest dispositiu ascendeixen a:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 0,033 \cdot \left(\frac{1,3}{0,0418}\right) \cdot \left(\frac{1,46^2}{2 \cdot 9,81}\right) \approx 0,11 \text{ m}$$

Ara ja es pot calcular l'altura manomètrica total:

$$H_t = H_g + h_f = 3,6 + 1,17 + 0,45 + 0,11 = 5,33 \approx 6 \text{ m}$$

La potència de la bomba serà menor que l'anterior a causa del menor cabal que ha de transportar. Aplicant el factor de seguretat de 1,25 per evitar que treballi a plena càrrega:

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_t}{75 \cdot \eta} = \frac{1,25 \cdot 1.000 \cdot 0,002 \cdot 6}{75 \cdot 0,65} = 0,31 \text{ CV} \rightarrow \mathbf{227 \text{ W}}$$

8.9.5 Elecció de les bombes

Nº bomba	Q (m ³ /h)	Ht (m)	Model	P (kW)	Voltatge (V)
1	4,00	7,00	E-100-M	0,90	230
2	3,50	7,10	E-100-M	0,90	230
3	7,50	6,00	NIZA 10.3 M	0,75	230
4	7,32	6,00	NIZA 10.3 M	0,75	230

Taula 28: Models de bomba trifàsics Font: Pròpia

La potència de les bombes escollides és distant a la calculada prèviament ja que no s'han trobat bombes amb potències tant baixes que compleixin totes les característiques establertes. Les potències adequades són les que es mostren a la taula anterior.

El model de bomba E-100-M submergible consisteix en una turbina oberta desplaçada que s'utilitza en aplicacions d'aigües brutes carregades amb sòlids en suspensió com és el cas dels purins. És ideal per ús domèstic.

Les característiques constructives són les següents: cos de bomba, carcassa del motor i turbina construïdes en fundició gris, consta d'un segellament mecànic de carbur de silici i anell de tancament. La reixeta d'aspiració és d'acer inoxidable AISI 304 així com l'eix de la bomba AISI 416. És necessari que el motor treballi en sec i contínuament sempre i quan es vulgui posar en marxa la bomba. Utilitza un aïllament de classe F, IP-68, motoprotector, condensador incorporat i interruptor automàtic en els equips que es connecten en estrella, 10 metres de cable H07RN-F. La màxima profunditat sota l'aigua és de 20 metres, la màxima temperatura del líquid 40 °C i el màxim de posades en marxa per hora de 20.

Les bombes centrífugues 3 i 4 són bombes elèctriques molt silencioses construïdes amb materials d'acer inoxidable AISI 316. La tapa d'aspiració i cos unió en fosa gris. Les turbines i la camisa d'acer inoxidable AISI 304. Els difusors en policarbonat amb fibra de vidre. El segellat és mecànic. Tècnicament, les bombes 3 i 4 són monobloc amb motor tancat amb ventilació externa i protector tèrmic incorporat. Protecció IP-44. Aïllament classe F i temperatura màxima del fluid 40 °C.

8.10 Separació sòlid-líquid

8.10.1 Producte digerit

L'efluent del reactor es considera el producte digerit en les plantes de biometanització. La normativa que ho regula ve definida pel Real Decret 506/2013 de 10 de juliol que deroga l'anterior RD 824/2005 sobre fertilitzants nacionals.

Segons l'article 3. *Àmbit d'aplicació* es consideren subjectes a aquest real decret aquells productes fertilitzants posats en el mercat espanyol per a ser utilitzats en agricultura, jardineria o restauració de sòls degradats. En el punt 3 es defineix les exclusions de l'àmbit d'aplicació d'aquest real decret dels quals se'n destaca, en aquest cas, les dejeccions que no hagin sofert algun procés de transformació en una planta tècnica, de compostatge o **de biogàs**. En l'article 5 sobre grups i tipus de productes fertilitzants que es poden usar com abonament o esmenes en agricultura i jardineria es troben els **abonaments orgànics (grup 2)**.

Pel que fa a les matèries primeres el promotor haurà d'identificar a l'Administració competent tots els ingredients que intervenen en la fabricació dels productes fertilitzants, amb el percentatge en massa que correspongui a cada un d'ells, el procés detallat seguit fins l'obtenció del producte final i els informes de prova i documentació pertinents. En aquest cas caldrà registrar la inscripció en el Registre de productes fertilitzants de la Direcció General de Produccions i Mercats Agraris del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient.

En quant a la duració de la inscripció és de 10 anys però és renovable sempre i quan no es canviïn els substrats orgànics que es tractin, el mètode de tractament ni la composició final del producte. En l'annex 1 s'especifica el grup 2 que correspon a aquest projecte. Dins d'aquest grup es poden classificar els productes digerits de les següents maneres en funció de la composició: Nitrogenats, Fosfatats, NPK, NP i NK. Cadascun d'ells presenta unes condicions determinades que han de complir mitjançant comprovació en un laboratori especialitzat i han de ser etiquetats indicant els valors de composició que s'indica en l'annex 1 del Reial Decret.

El producte NK es descarta ja que ha de provenir de residus orgànics d'origen vegetal. Tampoc s'utilitzarà per produir abonaments fosfatats pel seu baix contingut de fòsfor ni NP ja que la relació C/N no pot ser superior al 6 %. La finalitat del producte digerit serà de compost nitrogenat pels seus pocs requisits a complir en comparació amb el NPK que ha de tenir un correcte equilibri entre els seus tres components així com una relació entre el nitrogen orgànic i amoniacal molt concreta. Mentre que l'abonament nitrogenat només ha de complir que **N total mínim: 6% - C/N no major de 10**.

8.10.2 Aparell de separació

L'aparell de separació sòlid-líquid ha de permetre separar el cabal de l'efluent del reactor anaeròbic en dues fases de manera que es produeixi una redistribució de components fent més fàcil la seva aplicació posterior tant com a fertilitzants, com a sòl edàfic, com aigua de reg, etc. L'objectiu tracta d'augmentar el contingut en nitrogen i fòsfor en la fase sòlida. Pel que fa a la relació del carboni-nitrogen ja és inferior a 10 ja que la major part del carboni ha estat transformat en biogàs dins del reactor.

A continuació es calcula la quantitat de nitrogen que hi ha en el purí final:

$$Q_{truges} \cdot \frac{\% MS_{truges}}{100} \cdot \frac{\% N \text{ Kjeldhal}}{100} = 7 \cdot 0,045 \cdot 0,03 = 0,00945 \text{ t N} \rightarrow \mathbf{9,45 \text{ kg N}}$$

$$Q_{transició} \cdot \frac{\% MS_{transició}}{100} \cdot \frac{\% N \text{ Kjeldhal}}{100} = 1 \cdot 0,06 \cdot 0,0284 = 0,0017 \text{ t N} \rightarrow \mathbf{1,70 \text{ kg N}}$$

$$Q_{engreix} \cdot \frac{\% MS_{engreix}}{100} \cdot \frac{\% N \text{ Kjeldhal}}{100} = 7 \cdot 0,067 \cdot 0,0294 = 0,0138 \text{ t N} \rightarrow \mathbf{13,80 \text{ kg N}}$$

$$Q_N = 9,45 + 1,7 + 13,8 = \mathbf{24,95 \text{ kg N/dia}}$$

La digestió anaeròbia és un procés que no elimina nitrogen. La concentració de nitrogen a la sortida sabent que l'efluent és de 14,65 m³/dia serà de:

$$\% N = \frac{24,95 \text{ kg N}}{14,65 \text{ t purí}} \cdot \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}} \cdot 100 = \mathbf{0,17 \%}$$

L'objectiu serà, doncs, augmentar aquesta concentració de manera que s'aconsegueixi valors superiors al 6 % i complir els requisits establerts per normativa.

Existeixen tres tipus de separadors sòlid-líquid, els dispositius que funcionen per gravetat per centrifugació i els de pressió. En aquest cas, s'escull el separador per gravetat de tamís vibratori (Figura 11) amb malla de 0,5 mm que permet arribar a

percentatges d'entre 25-30 % de matèria seca en el cabal de sòlids. El cost d'utilització, segons l'Agència de Residus de Catalunya és de 0,5 €/m³ ja que no s'afegeix additius.

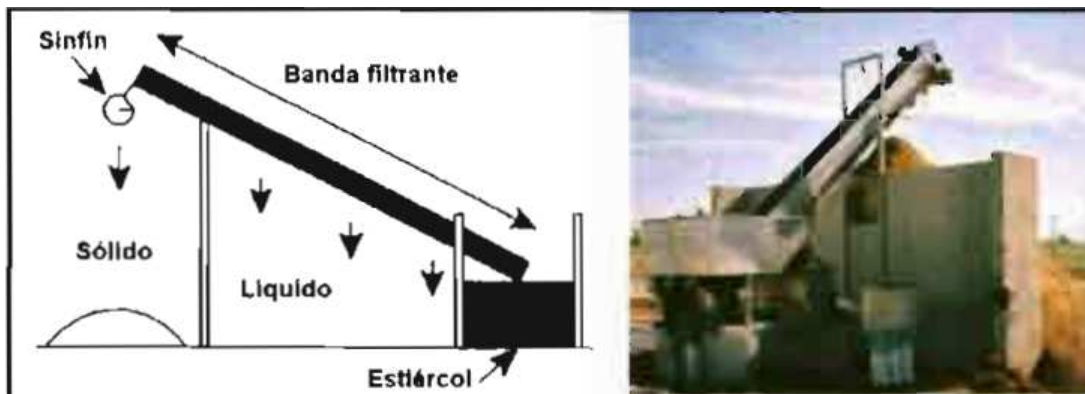


Figura 11: Tamís vibratori Font: Magrama

Per tal de treure el màxim rendiment del dispositiu de separació sòlid líquid s'utilitzarà en plena capacitat de manera que no només es farà servir per processar el purí de la granja en qüestió sinó que també s'hi portarà les dejeccions ramaderes de les granges circumdants per donar un ús complet al tamís vibratori. La capacitat del model escollit és de 180 t/dia. En aquest cas es comprarà el fens de les explotacions de vedells, es separarà en dues fases i es vendrà el fertilitzant així com l'aigua per tasques de reg. Amb 165,35 tonelades (225 m³), aproximadament, són necessaris uns 15.000 animals. La quantitat de nitrogen d'entrada previst diàriament és:

$$Q_N = 15.000 \text{ places} \cdot 0,079 \text{ kg} \frac{N}{\text{placa} \cdot \text{dia}} = \mathbf{1.185 \text{ kg N/dia}}$$

Amb un 7 % de nitrogen i menyspreant la concentració de nitrogen en els líquids , el cabal de sòlids serà de:

$$Q_N = Q_{\text{sòlids}} \cdot X \rightarrow Q_{\text{sòlids}} = \frac{Q_N}{X} = \frac{1.185}{0,07} = \mathbf{16.928,57 \text{ kg/dia}}$$

El cabal de líquids serà la diferència entre 180 t/dia i 16,93 t/dia, és a dir: 163,07 t/dia.

D'aquesta manera queda dimensionat l'últim component del tractament de dejeccions ramaderes d'aquest projecte.

9. Avaluació del projecte

9.1 Costos de construcció

- **Reactor**

Fase	Cost (€)
Paviment 10 cm HA-25	1.045,00
Mur de formigó 30 cm HA-25	8.042,20
Coberta EPDM	368,31
Aïllament de llana mineral	511,62
Planxa d'acer	1.659,66
Pintura	222,25
Agitador horitzontal 1,5 kW	1.500
Total	13.348,84

Taula 29: Costos de construcció del reactor i els elements auxiliars Font: Pròpia

- **Bescanviador de calor**

Fase	Cost unitari (€/m)	Cost (€)
Serpentí de 125,16 metres ST 33,2	21,04	2.633,36
Dos trams de 30 metres ST 33,2, DN=3/4"	21,04	1.262,40
Aïllament de polietilè de 10 mm de gruix al llarg de 60 m de canonada ST 33,2	0,99	59,40
Total		3.955,16

Taula 30: Costos del bescanviador de calor Font: Pròpia

- **Caldera**

Fase	Cost (€)
Caldera de 60 kW	3.585,52
Total	3.585,52

Taula 31: Cost de la caldera Font: Pròpia

- **Generador**

Fase	Cost unitari (€)
Generador	7.595
Total	7.595

Taula 32: Cost del generador Font: Pròpia

- **Gasòmetre**

Fase	Cost (€)
Gasòmetre inflable	6.000,00
Pavimentació 10 cm HA-25	1.520,00
Total	7.520,00

Taula 33: Costos del gasòmetre Font: Pròpia

El gasòmetre ja porta incorporat les vàlvules de control i de mesura volumètrica de biogàs. També té incorporat el sistema de seguretat en cas d'excés de càrrega mitjançant una torxa.

- **Dipòsit de recepció**

Fase	Cost (€)
Pavimentació 10 cm HA-25	171,00
Mur de formigó 30 cm HA-25	3.684,56
Coberta planxa d'acer	373,50
Agitador vertical	1.000,00
Total	5.229,06

Taula 34: Costos del dipòsit de recepció Font: Pròpia

- **Dipòsit d'emmagatzematge**

Els dos productes de l'efluent del separador sòlid-líquid es dipositaran en dos tancs de formigó que es troben ja construïts en la finca. Aquests dipòsits s'utilitzaven, antigament, per emmagatzemar l'aigua de la pluja i fer-la servir per necessitats de reg o abeuratge del bestiar.

- **Bombes hidràuliques**

Model	Cost (€)
2 unitats E-100-M	787,52
2 unitats NIZA 10.3 M	736,00
Total	1.523,52

Taula 35: Costos dels models de bomba Font: Pròpia

- **Conduccions hidràuliques**

Cal recordar que el material de les canonades és d'acer ST 33,2. Els dos primers trams presenten un diàmetre interior de 35,6 mm i els trams de l'afluent i l'efluent tenen un diàmetre de 41,8 mm.

Tram	Longitud (m)	Cost unitari (€/m)	Cost (€)
Fossa 1-Dipòsit recepció	21,50	13,17	283,15
Fossa 2-Dipòsit de recepció	33,50	13,17	441,19
Afluent	15,60	15,14	236,18
Efluent	13,60	15,14	205,90
2 vàlvules de comporta			38,56
Total			1.204,98

Taula 36: Costos de les conduccions hidràuliques Font: Pròpia

- **Conduccions del biogàs**

El biogàs es transportarà en tres fases; des del reactor al gasòmetre i, d'aquest, fins la caldera de gas i, per altra banda, del reactor al generador. El material utilitzat són tres canonades de PVC de 50 mm de diàmetre interior i un espessor de 3 mm. Per poder controlar els fluxos de biogàs a cada consum caldrà també instal·lar dos cabalímetres.

Tram	Longitud (m)	Cost unitari (€/m)	Cost (€)
Reactor - Gasòmetre	15	1,96	29,40
Gasòmetre - Caldera	18	1,96	35,28
Gasòmetre - Generador	17	1,96	33,32
Total			98,00

Taula 37: Costos de les conduccions del biogàs Font: Pròpia

- **Separador sòlid líquid**

Fase	Cost unitari (€)
Separador de tamís vibratori	10.251,23

Taula 38: Costos del tamís vibratori Font: Pròpia

9.2 Cost total de construcció

Fase	Cost (€)
Reactor	13.348,84
Bescanviador de calor	3.955,16
Caldera	2.963,24
Generador	7.595,89
Gasòmetre	7.520,00
Dipòsit de recepció	5.229,06
Bombes hidràuliques	1.523,52
Conduccions hidràuliques	1.204,98
Conduccions de biogàs	98,00
Separador sòlid-líquid	10.251,23
Total (sense IVA)	53.689,92
Base imposable (21 % IVA)	11.274,88
TOTAL	64.964,80

Taula 39: Cost total de la construcció Font: Pròpia

9.3 Cost de funcionament

Equip	Potència (kW)	Temps (h)	Energia (kWh)	**Cost (€)
*Agitador horitzontal	2,1	4,64	9,75	1,61
Caldera (bomba)	0,20	24	4,80	0,79
Compressor gasòmetre	1,10	10	11,00	1,82
*Agitador vertical	0,50	4	2,00	0,33
Bomba 1	0,9	2	1,80	0,30
Bomba 2	0,9	2	1,80	0,30
Bomba 3	0,75	2	1,50	0,25
Bomba 4	0,75	2	1,50	0,25
Total (sense IVA)				5,65
Base imposable (21 % IVA)				1,19
TOTAL	6,60	-	34,15	6,84

Taula 40: Cost de funcionament diari Font: Pròpia

*El temps de funcionament dels agitadors es calcula sabent que la necessitat energètica del fluid del recipient és de 65 Wh/m³·dia sent el valor mitjà recomanat. La fórmula és la següent:

$$t \left(\frac{h}{dia} \right) = \frac{V(m^3)}{P(W)} \cdot \frac{65 Wh}{m^3 \cdot dia}$$

Per l'agitador horitzontal:

$$t = \frac{150 \text{ m}^3}{2.100 \text{ W}} \cdot \frac{65 \text{ Wh}}{\text{m}^3 \cdot \text{dia}} = 4,64 \frac{\text{h}}{\text{dia}}$$

Per l'agitador vertical:

$$t = \frac{30 \text{ m}^3}{500 \text{ W}} \cdot \frac{65 \text{ Wh}}{\text{m}^3 \cdot \text{dia}} \approx 4 \frac{\text{h}}{\text{dia}}$$

**Les granges porcines d'aquesta magnitud ja tenen potència elèctrica trifàsica contractada pel funcionament dels fluxos de pinso i d'altres sistemes. La potència elèctrica contractada continua sent de 10,392 kW. Per calcular el cost del consum elèctric s'ha pres el valor mitjà de 0,165 €/kWh de la tarifa 2.1.

Sent el preu diari de cost de funcionament de 6,86 €/dia. El cost anual suposant el funcionament de l'activitat contínuament ja que les granges requereixen d'atenció constant és de:

$$C_{func.} = 6,84 \frac{\text{€}}{\text{dia}} \cdot \frac{30,5 \text{ dies}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{12 \text{ mesos}}{1 \text{ any}} = 2.503,44 \text{ €/any}$$

9.4 Costos addicionals

Als costos bàsics de construcció i funcionament cal afegir-li els costos per imprevistos que consisteixen en les possibles reparacions o substitució de materials que, eventualment, s'hagin d'executar. En aquest cas es considera un percentatge del 3 % sobre el cost de construcció:

$$C_{mant.} = 3 \% \text{ de } C_{const}$$

$$C_{mant.} = 0,03 \cdot 64.964,80 = 1.948,94 \text{ €/any}$$

Pel que fa a la llicència d'obra, al ser una obra menor agrària, s'aplica un 1,5 % del cost de construcció:

$$C_{licència} = 0,015 \cdot 22.479,26 = \mathbf{337,19 \text{ €}}$$

9.5 Previsió d'ingressos

9.5.1 Combustible

En primer terme cal estimar quin serà l'estalvi anual que obtindrem amb l'ús del biogàs sabent que el consum mitjà mensual d'estella per alimentar la caldera actual és de 300 €/mes:

$$E_{caldera} = 300 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ mesos}}{1 \text{ any}} = \mathbf{3.600 \text{ €/any}}$$

Pel que fa a l'estalvi de combustible del bescanviador de calor, es fa una estimació del cost del combustible que es deixaria de gastar tenint en compte les potències de la caldera i del bescanviador:

$$E_{bescanviador} = \frac{16 \text{ kW}}{44 \text{ kW}} \cdot 3.600 \frac{\text{€}}{\text{any}} = \mathbf{1.309,09 \text{ €/any}}$$

Segons el RD 413/2014 la instal·lació de generació elèctrica a partir del biogàs agroindustrial es recull al subgrup b.7.2. Per potències inferiors a 500 kW elèctrics com és el cas, La retribució màxima és de 15,60 c€/kWh durant una vida útil regulatòria de 25 anys. La quantitat d'hores retribuïdes són 4.235 hores. No es preveu autoconsum ja que només és aconsellable quan el temps de funcionament és superior a 6.000 hores pel peatge d'accés que comporta.

La quantitat d'electricitat remunerada i el conseqüent benefici són els següents:

$$I_{elèctrica} = E_{disponible} \cdot V_{biogàs}$$

L'energia elèctrica disponible és d'11.242,44 kWh/mes. Tenint en compte les hores de funcionament anuals l'energia que provoca ingressos és:

$$Energia_{retribució} = 11.242,44 \frac{kWh}{mes} \cdot \frac{12 \text{ mesos}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{4.235 \text{ hores}}{8.760 \text{ hores}} = 65.221,55 \frac{kWh}{any}$$

Amb un impost del 7 % l'ingrés passa a ser de:

$$I_{elèctric} = 0,156 \cdot 65.221,55 \cdot (1 - 0,07) = 9.462,34 \text{ €/any}$$

9.5.2 Transport

Un altre concepte d'amortització és l'estalvi que provoca la possibilitat de què els purins es tractin a la pròpia granja i no s'hagin de transportar a grans distàncies a les terres entregades. Segons dades de la *Guia dels tractaments de les dejeccions ramaderes (Veure punt 10 de l'annex Figures)* l'estalvi ha de ser el següent:

El purí es transporta en tractor que té una capacitat de 16 m³ amb un consum mitjà de 16,8 l gas-oil/h i una potència de 140 CV amb un cost total de 26,9 €/h. A una velocitat mitjana de 20 km/h i una distància de 8 km:

$$E_{transport} = 1,17 \frac{\text{€}}{m^3} \cdot 15 \frac{m^3}{dia} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ any}} = 6.405,75 \text{ €/any}$$

9.5.3 Venta de nitrogen

La venta de nitrogen de l'efluent de sòlids del separador sòlid líquid comportarà un ingrés anual de:

$$I_N = Q_N \cdot P_N - V_{fems} \cdot (P_F + C_N)$$

On:

-Q_N és el cabal de nitrogen diari (kg N/dia)

-P_N és el preu de venda (€/kg N)

-V_{fems} és el volum de fems tractat (m³/dia)

- P_F és el preu de compra del fems (€/m³)

$-C_N$ és el cost de tractament (€/m³)

$$I_N = 1.185 \cdot 3,75 - 225 \cdot (19,2 + 0,5) = 11,25 \frac{\text{€}}{\text{dia}} \cdot \frac{365 \text{ dies}}{1 \text{ any}} = \mathbf{4.106,25 \text{ €/any}}$$

Pel que fa a l'aigua de reg, es preveu un ingrés d'uns 1.200 €/any a causa de l'escassa demanda que hi hauria.

$$I_{\text{aigua}} = \mathbf{1.200 \text{ €/any}}$$

9.6 Amortització del projecte

L'amortització del projecte es calcula a partir del VAN, és a dir, el valor actual net:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

La inversió inicial correspon a la suma del cost de construcció més la llicència d'obra:

$$I = 64.964,80 + 337,19 = \mathbf{65.301,99 \text{ €}}$$

Es considera que l'interès i és del 10 % com a rendibilitat mínima que s'exigeix al projecte. Mentre que el concepte NCF és el flux de caixa que es considera constant i correspon a la diferència dels ingressos més els estalvis respecte els costos anuals. No és el benefici real sinó el concepte d'amortització en què s'hi dediquen els guanys i aquelles sumes que s'estalvien.

El valor és de:

$$NCF_N = \mathbf{21.631,05 \text{ €}}$$

A continuació es mostra la taula del VAN anual.

Any	VAN
1	-45.637,40
2	-27.760,50
3	-11.508,77
4	3.265,53
5	16.696,71

Taula 41: Amortització del projecte Font: Pròpia

L'amortització té un període de 3 anys i 9 mesos fent que l'execució del **projecte** sigui **viable**. A partir d'aquest període els estalvis es deixarien de tenir en compte mentre que els beneficis serien de 10.316,21 €/any havent-hi d'aplicar l'actualització de preus corresponent. Per tant, l'activitat de digestió anaeròbia forma part d'un complement econòmic juntament amb l'activitat de la granja porcina, evidentment, sense poder-la substituir ja que depèn directament d'ella.

10. Estudi d'impacte ambiental i integració paisatgística

10.1 Ubicació

L'activitat de tractament de residus s'emplaça en una finca rústica dedicada majoritàriament al conreu, dins del terme municipal de Cardona a la comarca del Bages.

Província	Municipi	Agregat	Zona	Polígon	Parcel·la	Superfície (ha)
8-Barcelona	46-Cardona	0	0	7	2	1,1049

Taula 42: Ubicació que inclou l'explotació porcina i la zona de tractament Font: SIGPAC

Recinte	Superfície	Pendent (%)	Ús
1	0,4568	11,9	TA
2	0,6295	15,8	IM
4	0,0186	22,8	TA

Taula 43: Dades de la parcel·la Font: SIGPAC

El recinte (Taula 43) on s'inclou l'activitat productiva es qualifica com a ús improductiu, mentre que la zona on es vol fer el tractament de purins se situa en terreny qualificat com a TA (terreny arable).

L'explotació se situa a més de 2 km de distància del nucli urbà més proper, que és Cardona. Els habitatges més propers són Vilanova a 111 m i Cal Fuster Rupit a 534 m de distància respecte l'activitat. Pel que fa a aigües superficials, a més de 570 m de distància es troba el riu Cardener i referent a les captacions d'aigua potable a 450 metres existeix una font d'aigua potable.

10.2 Geologia

Geològicament, el terreny es qualifica amb el codi POmlg (Figura 12) que es defineix com a Margues, limonites i gresos amb intercalacions de conglomerats. Forma part de la Formació Molassa de Solsona de l'Oligocè. La zona morada, cap a la vessant nord-oest de la població s'hi troba el codi PEOgm que consisteix en una alternança de gresos i lutites formades entre l'Eocè i l'Oligocè. Veiem també una presència molt elevada de terrasses fluvials del quaternari amb la típica composició de graves, sorres i lutites (llims i argiles) sent Qt1 de l'Holocè. Les terrasses Qt2 es troben a la zona on l'afluent Aigua d'Ora aporta aigua al Cardener sent de l'edat geològica corresponent al Plistocè terminal i Holocè basal. Les terrasses Qt3, en canvi, es troben seguint el recorregut del riu Cardener sent del Plistocè superior. Per últim trobem una terrassa al nord oest de la zona d'estudi amb codi Qt4 que correspon a graves, sorres i lutites del Plistocè. Així es pot establir un ordre geològic des de les terrasses més antigues indicades amb el número 4 i més allunyades del riu fins les primeres i més recents en formar-se. També és apreciable que les capes geològiques cabussen cap al nord-oest amb angles de cabussament de d'entre 30° i 40° degut a l'anticlinal relacionat amb els afloraments salins.

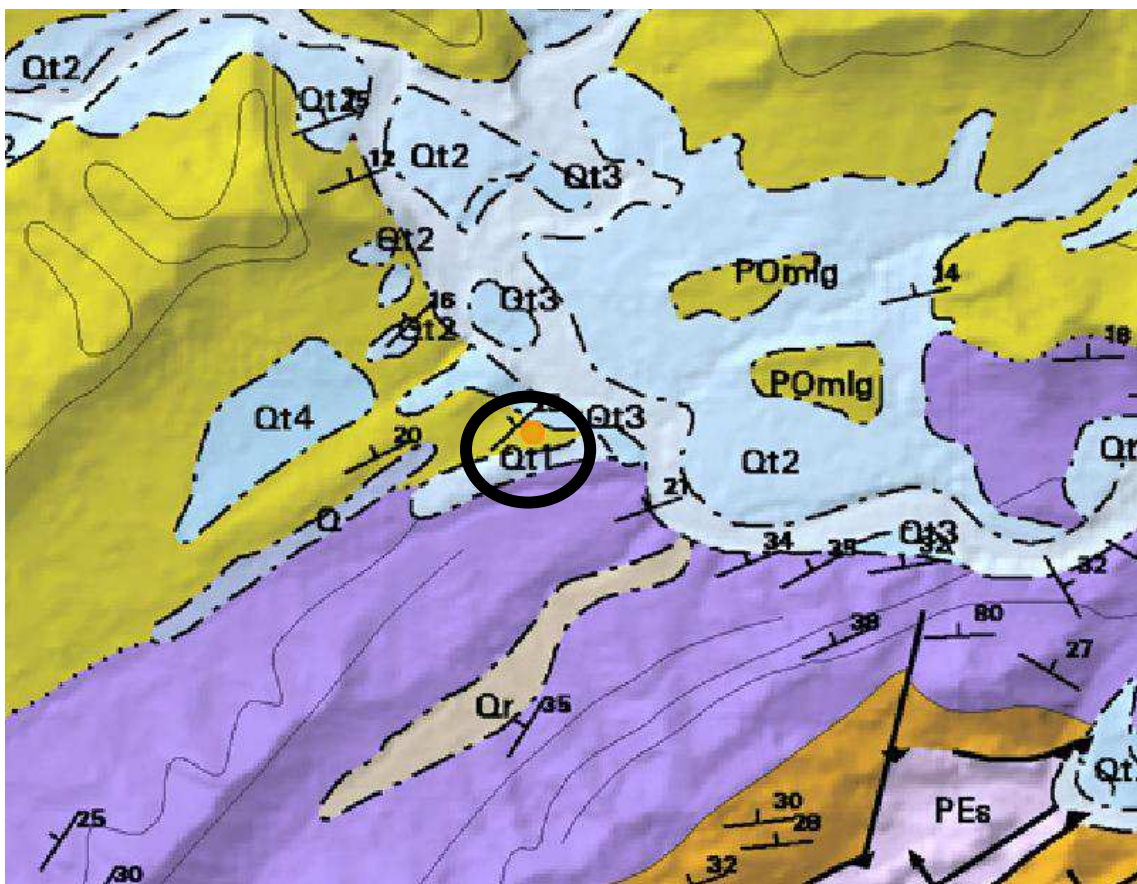


Figura 12: Mapa geològic on es marca amb un punt la ubicació de l'activitat Font: IGC

10.3 Planejament

D'acord amb el **Decret Legislatiu 1/2010**, de 3 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei d'Urbanisme article 47. *Règim d'ús del sòl no urbanitzable*, punt 6.a "En el sòl no urbanitzable [...], només es poden admetre com a noves construccions, respectant sempre les incompatibilitats i les determinacions de la normativa urbanística i sectorial aplicable: les construccions i les dependències pròpies d'una activitat agrícola, ramadera, d'explotació de recursos naturals o, en general, rústica. Per tant, la construcció d'aquest sistema de tractament és compatible amb aquest Decret Legislatiu.

I d'acord amb l'article 48 d'aquest decret Legislatiu, *Procediment per a l'aprovació de projectes d'actuacions específiques d'interès públic en sòl no urbanitzable*, Punt 1. S'ha de realitzar un estudi d'impacte Paisatgístic, una justificació específica de la finalitat del projecte i de la compatibilitat de l'actuació amb el planejament urbanístic i sectorial.

Segons el Pla Territorial General de Catalunya (PTGC) que va ser aprovat per la Llei 1/95, que defineix els objectius d'equilibri territorial d'interès general per a Catalunya i, a la vegada, marc orientador de les accions que emprenen els poder públics per a crear les condicions adequades per a atreure l'activitat econòmica als espais idonis i per aconseguir que els ciutadans de Catalunya tinguin uns nivells de qualitat de vida semblants, independentment de l'àmbit territorial on visquin.

El PTGC defineix set àmbits d'aplicació dels plans territorials parcial.

El Pla Territorial Parcial de les Comarques Centrals (PTPCC) cerca l'afavoriment de la diversitat del territori i mantenir la referència de la seva matriu biofísica. Protegir els espais naturals, agraris i no urbanitzables en general com a components de l'ordenació del territori. Així defineix que per garantir les funcions ecològiques, productives i paisatgístiques o de lleure, cal que el sistema d'espais lliures conformi una xarxa contínua que garanteixi les connectivitats necessàries. Una xarxa formada per unitats de màxima dimensió i mínima fragmentació. Un altre objectiu és el de preservar el paisatge com un valor social i un actiu econòmic del territori. En un paisatge amb tant presència de l'activitat humana com el de Catalunya, la consideració de l'agricultura i les pràctiques ramaderes i forestals tradicionals, com a factors conformadors de paisatge, serà primordial, com també ho serà la reorientació, en la mesura del possible, d'aquelles formes intensives de ramaderia i agricultura que constitueixen, avui, algunes amenaces més importants per a la qualitat del paisatge rural.

En aquest cas la zona on es vol construir l'activitat no forma part de sòl de protecció especial, PEIN, xarxa natura 2.000. Tampoc forma part del sòl de protecció territorial ni sòl de protecció preventiva. Tot i això en cas de què formés part del sòl de protecció

territorial d'interès agrari i paisatgístic ja que segons l'article 2.8 de les Normes del PTCC en el Punt 2.9 Regulació punt 3 a) Sòl d'interès agrari i/o paisatgístic defineix que les edificacions, instal·lacions i infraestructures en els espais oberts (Figura 13) qualificades com B (no aporten qualitat al medi natural, agrari i paisatgístic) tenen autorització restringida, però amb factor favorable si forma part d'una explotació agrària intensiva de superfície gran, com és en aquest cas ja que es tracta d'una finca de gran dimensió, i s'ha de tenir especial atenció a la integració paisatgística. Per tant, la planta de tractament seria compatible amb el PTCC donat que s'ubicarà propera a la nau existent, i a més s'utilitzaran materials i colors tradicionals que no trenquin l'harmonia cromàtica.

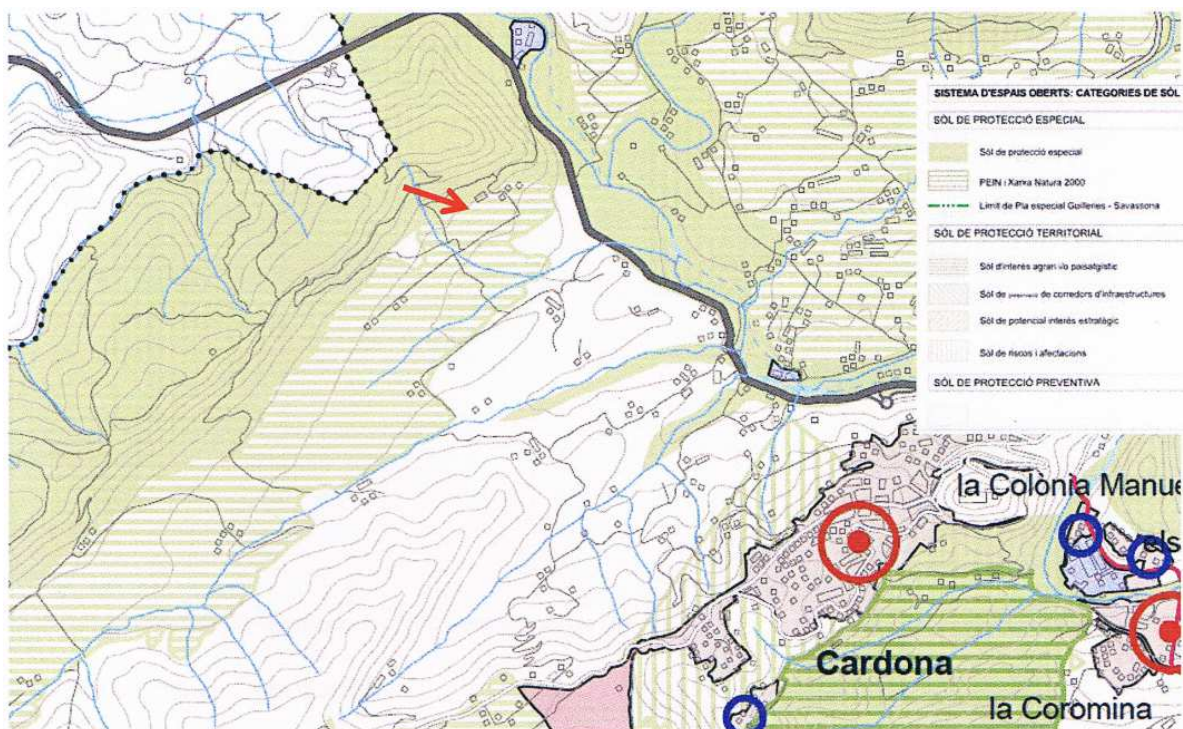


Figura 13: Plànol d'espai obert; la fletxa negra senyala l'explotació on es vol situar el tractament i la fletxa vermella indica l'explotació ramadera més pròxima Font: gencat

El municipi de Cardona es regeix per les Normes Subsidiàries de Planejament aprovades definitivament el 16 de febrer de 1998. Segons el plànol d'ordenació d'aquest municipi la zona d'actuació es qualifica com a sòl no urbanitzable tipus Sòl agrícola del camí de la Coma i la carretera del Miracle que segons el punt 1 de l'article 95 de les Normes "comprèn el sòl no urbanitzable amb valor i edificació dispersa". En aquest tipus de sòl es permet la construcció d'edificacions per a usos agrícoles i ramaders. L'edificació haurà de ser aïllada, l'alçada màxima permesa serà de 7 m i se separarà un mínim de 5 m de les termenals veïnes. Per tant, l'actuació és compatible amb el planejament municipal vigent.

No hi ha cap planejament sectorial que afecti a l'àrea d'estudi. El més proper és el PEIN "Muntanya de Sal de Cardona" situat a 2 km. Donat a la distància que es troba no es veurà afectat per l'actuació. La redacció d'aquest Pla especial s'emmarca en el desenvolupament del Pla d'espais d'interès natural, aprovat mitjançant el Decret 328/1992, de 14 de desembre. L'objecte del PEIN (art.15.1 de Llei 12/1985) és "...la delimitació i establiment de les determinacions necessàries per a la protecció bàsica dels espais naturals la conservació dels quals es considera necessari d'assegurar, d'acord amb els valors científics, ecològics, paisatgístics, culturals, socials, didàctics i recreatius que posseeixen.

10.4 Descripció del paisatge

10.4.1 Qualitat paisatgística i valors intrínsecs

L'àrea d'estudi se situa al nord-oest de la comarca del Bages i a l'oest del municipi de Cardona a 2 km del nucli urbà. La nova edificació se situa sobre terrasses de la Vinya del Tuta i 1 km de la Costa, a una cota topogràfica de 478 m. Donat l'orografia de la zona, marcada per costes i planes, hi ha la presència de rases i torrents on la més propera se situa a 484 m que desemboca al Riu Cardener a 570 metres de distància de l'activitat ramadera.

El paisatge és agroforestal format per un mosaic de camps de conreu que limiten amb vegetació boscosa formada principalment per pinedes mixtes de pinassa i pi blanc i bosquines d'arbres caducifolis joves, que procedeixen del rebrot de la vegetació després dels incendis que van afectar al municipi l'any 1998.

La variació cromàtica de l'àmbit d'estudi es caracteritza per les monocromies del verd marcades per la vegetació boscosa de la zona i les camps de conreu (depenen de l'època de l'any). També hi ha presència de colors clars per les edificacions existents.

Estudiant cadascun dels valors estètics d'aquest paisatge, com els colors, la diversitat, la forma, la textura, entre d'altres s'ha arribat a la conclusió que tenen un valor mitjà.

El valor productiu d'aquest territori, relacionat amb la capacitat d'aquest paisatge per proporcionar beneficis econòmics convertint els seus elements en recursos, és mitjà-baix donat que es basa principalment en l'activitat agrícola-ramadera.

Per determinar els valors naturals i ecològics s'ha tingut en compte els espais d'interès natural i ecològics més propers. Els espais naturals més propers són el PEIN *Muntanya de Sal de Cardona* a 2 km de distància. Els hàbitats d'interès comunitari més propers són "Prats mediterranis rics en anuals, basòfils i pinedes mediterrànies", però no hi

haurà afectació per l'actuació donat a la distància a la que es troben. Podem determinar que els valors naturals i ecològics són mitjans-baixos, a més s'ha de dir que l'actuació no tindrà cap efecte sobre aquests espais.

El valor històric, religiós i simbòlic és baix, ja que no hi ha elements arquitectònics en la zona.

Els valors d'ús social es relacionen amb la utilització que fa un individu o un determinat col·lectiu d'un paisatge. En aquest cas és baix ja que no es desenvolupa cap ús. Per tant, podem dir que el valor intrínsec del paisatge es considera mitjà-baix sent aquesta qualificació l'índex de qualitat paisatgística.

10.4.2 Components i valors paisatgístics

Relleu

La zona on s'implanta l'activitat és molt reduïda sense accidents del terreny.

Hidrologia

La zona on se situa l'activitat es troba dins la conca hidrogràfica del Llobregat. La hidrologia de l'àmbit d'estudi es troba condicionada per l'orografia de la zona. En cas de pluja l'aigua drena pels torrents de l'entorn cap a cotes inferiors fins al riu Cardener sense passar directament per l'activitat ni la granja.

Vegetació

Els habitats que hi ha presents en aquest territori corresponen a camps extensius de secà en les zones més planeres, que limiten amb vegetació boscosa formada per pinedes de pinassa (*Pinus nigra subsp. Salzmannii*) i pi blanc (*Pinus halepensis*) i bosquines d'arbres caducifolis joves que van rebrotar després dels incendis que van patir aquest municipi l'any 1998. Pel que fa al mapa de cobertes del sòl, la vegetació predominant són boscos densos però no de ribera (roure i alzines), mentre que a la zona del riu Cardener s'hi poden trobar els boscos de ribera formats per pollancre, oms, àlber, etc. També hi ha presència d'arbustos com el romaní, timó, argelagues, boixos, etc.

Zones urbanitzades

L'activitat se situa a més de 2 km del nucli urbà més proper que es tracta del de Cardona.

Infraestructures

Respecte a les comunicacions, l'explotació disposa de camí particular que enllaça amb la carretera C-55 la qual es troba a 400 metres de distància. La línia elèctrica més propera correspon a 110 kV i es troba a 1,73 km.

10.4.3 Tipus de paisatge

Classificació del paisatge de l'àmbit d'estudi es realitzarà en funció de paràmetres;

- Donat als usos que es desenvolupen en aquesta zona, el paisatge que hi correspon és agroforestal ja que l'activitat predominant és l'agrícola i ramadera.
- Respecte als hàbitats que hi ha presents en la zona d'estudi corresponen a conreus herbacis de secà i en les zones més abruptes se situen els boscos de pins i bosquines.
- Respecte els elements dominants, hi predomina els elements antropitzats com explotacions ramaderes, edificacions agrícoles, camps de conreu i habitatges aïllats. Tots aquests elements s'alternen amb masses forestals.
- L'estat en què es troba, la zona boscosa correspon a un paisatge forestal. Els conreus i les edificacions ramaderes i agrícoles corresponen a un paisatge antròpic.
- Respecte a la distribució espacial, la zona on s'edificarà l'activitat té una conca visual majoritàriament oberta, tot i que en la direcció sud queda tapada per la pròpia nau sent la visual més problemàtica ja que abasta el nucli urbà i el castell de Cardona.

10.4.5 Alternatives

No hi ha alternatives ja que l'activitat s'ha de situar tan a prop de la nau com sigui possible.

10.4.6 Valoració de les transformacions i dels impactes

Descripció dels canvi sobre els components del paisatge

- El tractament de purins s'ubicarà sobre una zona erma planera on es realitzaran els mínims moviments de terres. Es respectarà la geomorfologia del terreny seguint les corbes de nivell sense trencar el perfil orogràfic de la zona.
- No s'afectarà a la hidrologia de la zona, ja que no es modificarà cap curs d'aigua existent a la zona d'estudi.
- No afectarà a cap vegetació, donat que s'edificarà sobre una zona erma planera.
- Donat a la distància de les zones urbanitzades, no hi haurà afectació a aquestes ni tampoc a cap infraestructura de la zona.
- Respecte a la visibilitat, es veurà des de punts del camí particular que dóna accés a l'explotació. No s'apreciarà des de punts de topografia elevada del nucli de Cardona ja que queda tapada per la nau existent.

Per tant, l'actuació no representarà cap transformació sobre els components del paisatge ja que l'objectiu és edificar un tractament respectant al màxim els components del paisatge i crear el mínim impacte.

10.4.7 Estratègies, criteris i mesures d'integració

Per tal de realitzar una bona integració paisatgística cal utilitzar colors i materials per tal de què hi hagi harmonització amb el paisatge de la zona tenint en compte el cromatisme de l'entorn, a més els materials utilitzats seran comuns a la zona.

Per això, durant el projecte s'ha dissenyat volums simples i funcionals així com evitar els moviments de terres situant el reactor sobre un sòl pla. El material exterior del reactor serà una planxa metàl·lica comuna a la majoria d'activitats agrícoles, mentre que el color verd ajudarà a integrar-lo en un entorn de vegetació esporàdica.

Els dipòsit de recepció tindrà el mateix aspecte exterior que la fossa de la granja així que el seu impacte cromàtic serà pràcticament nul. El gasòmetre té un color blanc que, a priori, no representa un increment de la fragilitat paisatgística.

11. Conclusions

El projecte que s'ha desenvolupat en els apartats anteriors permet extreure una sèrie de conclusions:

En primer lloc cal dir que el sistema de tractament escollit de la digestió anaeròbia sembla adequar-se correctament a les característiques de la granja ja que permet operar amb molta versatilitat a partir de la quantitat de substrat, tipus de bestiar i paràmetres de disseny sense necessitat d'establir canvis en el procés de disseny sent el cost del formigó, l'element més limitant a l'hora de prendre una decisió. De les principals avantatges que se'n destaquen són la facilitat de construcció i funcionament ja que les operacions que es duen a terme en l'activitat d'explotació porcina són pràcticament les mateixes que en el tractament proposat. És a dir, s'utilitzen bombes, agitadors per les fosses, connexions trifàsiques pels fluxos de pinso, controls volumètrics i de pressió de l'aigua, etc. Els ingressos obtinguts són complementaris amb els obtinguts habitualment en l'activitat de la granja actualitzats tenint en compte els estalvis corresponents.

En quant a la part econòmica, s'han tingut en compte els aspectes més rellevants pel que fa a ingressos, estalvis i costos. Possiblement hi ha més variables relacionades amb la retribució per la venda d'electricitat que són de complexa determinació en el RD 413/2014 així com amortitzacions per estalvi menors. No obstant, en aquest apartat és on el projecte té més inconsistència ja que els canvis en la normativa de règim específic retributiu esdevenen amb freqüència i caldria actualitzar el projecte a les noves condicions.

L'objectiu principal era dissenyar un sistema que pogués ajudar en la problemàtica de la gestió dels purins aconseguint-ne una valorització i, sembla ser, que pot funcionar.

Propostes:

-Es podria realitzar el projecte utilitzant un altre sistema de digestió com per exemple un sistema de recirculació i veure com modifica el rendiment del digestor amb la producció de biogàs corresponent.

-Un altre canvi important seria la utilització de la codigestió entre purins de porc i fems boví ja que són el bestiar més comú en la zona.

-Comprovar si és interessant augmentar l'activitat del tractament de separació sòlid líquid des del punt de vista econòmic.

12. Bibliografia

[Web en línea]. <http://www.icc.es>

[Web en línea]. <http://www.igc.cat>

[Web en línea]. <http://www.idescat.cat>

[Web en línea].

http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/ramaderia/dar_dejeccions_ramaderes_fertilitz_fert_nitrogenats

[Web en línea]. <http://www.generadordeprecios.info>

Elías, X. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Madrid: Díaz de Santos. ISBN: 8479786949.

Elías, Xavier; Flotats, Xavier; Campos, Elena. (2012). *Procesos biológicos. La digestión anaerobia y el compostaje: Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 8499691285.

ESPANYA. 2013. Real Decreto 506/2013, de 28 de juny, sobre productes fertilitzants. Boletín Oficial del Estado, 10 de juliol de 2013.

Flotats, X. (2004). *Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas* [Document en línea]. Lleida.

http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambits%20dactuacio/Quin%20residu/Excedents%22de%20dejeccions%20ramaderes/Guia%20de%20tractaments%20de%20les%20dejeccions%20ramaderes/guia_dejeccions_es.pdf

Icaen. (2008). *Producció de biogàs per codigestió anaeròbia* [Document en línea]. http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_practic/arxius/01_produccio_biogas.pdf

Idae. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios* [Document en línea]. ISBN-13: 978-84-96680-21-0. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_digestores_00_a996b846.pdf

Idae. (2007). *Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*. [Document en línea]. Madrid. ISBN: 978-84-96680-08-1 http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Disenoy_calculos_aislamiento_AISLAM_GT3_07_01ee3c15.pdf

Pimec. (2014). *El sector porcí a Catalunya* [Document en línea]. http://www.agricoles.org/repositori/documentos/noticies/ca/l_PIMEC_7_2014_El_sector_porci.pdf

Varnero, Maria Teresa. (2011). *Manual de Biogàs* [Document en línea]. ISBN 978-95-306892-0. <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Annexos

Figures

Plec de condicions

Plànols

Figures

2. Taula dejeccions ramaderes

02/07/2015

Espècie	Categoria	kg N / plaça i any	Puri (m ³ /plaça i any)	Fem (t/plaça i any)	Densitat del fem (t/m ³)
Vaquí llet	Femelles	80,22	14	18	0,8
	Sementals	80,22	9	12	
	Cria	5,7	0,4	0,6	
	Reposició	40,0	5,5	7	
	Engreix	28,97	3,6	4	
Bovi carn	Reproductors	53,15	9	12	0,8
	Cria	7,7	0,5	0,7	
	Reposició	40,0	5,5	7	
	Engreix	28,97	3,6	4	
Porcí	Femelles	15	5,1	2,25	0,8
	Sementals	18	6,12	6,48	
	Garrins (6-20 kg)	1,19	0,41	0,25	
	Reposició	8,5	2,5	1,14	
	Engreix (20-100 kg)	7,25	1,65 /2,15 ¹	1	
Ovi	Reproductors	9		0,9	0,8
	Reposició	4,5		0,45	
	Engreix	3		0,3	
Cabrum	Reproductors	7,2		0,72	0,8
	Reposició	3,6		0,36	
	Engreix	2,4		0,24	
Cunicola	Femelles	1,418		0,099	0,75
	Sementals	1,773		0,124	
	Reposició	0,886		0,06	
	Engreix	0,443	0,031	0,03	
	Gàbia de conilla	4,30		0,30	
Èquids	Bestiar equi ²	63,8		11	0,8
Avicultura	Reprod. pesades	0,50		0,02	0,6
	Reprod. lleugeres	0,35		0,014	0,6
	Reposició	0,08		0,007	0,5
	Engreix	0,22		0,01	0,5
	Ponedores ous consum	0,50	0,037	0,04	0,9
Ànecs	Reproductors	0,545		0,204	0,5
	Reposició	0,0873		0,0714	
	Engreix	0,24	0,072	0,080	
Guatlls	Reproductors i ponedores ous consum	0,0682		0,0053	0,8 / 0,5 ³
	Reposició	0,0109		0,00187	
	Engreix	0,03		0,00267	
Galls dindi i paons	Reproductors	1,0455		0,0974	0,5
	Reposició	0,1672		0,03408	
	Engreix	0,46		0,030	
Perdius	Reproductors	0,1591		0,0128	0,8 / 0,5 ³
	Reposició	0,0255		0,00448	
	Engreix	0,07		0,0064	
Oques	Reproductors	0,545		0,204	0,5
	Reposició	0,0873		0,0714	
	Engreix	0,24		0,102	
Estruços	Reproductors	1,72		0,73	0,5
	Reposició	0,341		0,28	
	Engreix	0,94		0,4	
Faisans	Reproductors	0,545		0,204	0,8 / 0,5 ³
	Reposició	0,0873		0,0714	
	Engreix	0,24		0,102	

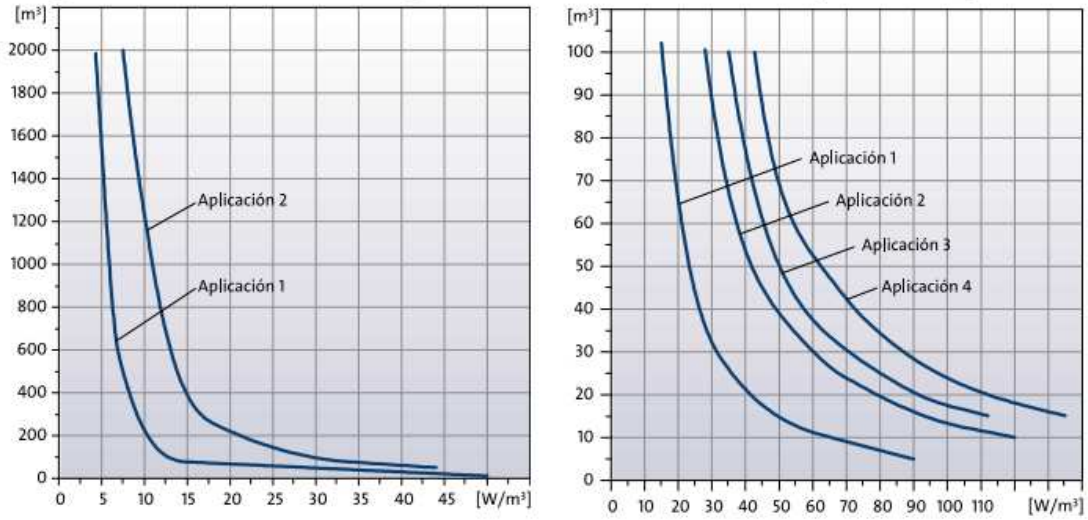
¹ El valor 1,65 és aplicable si es donen simultàniament les circumstàncies següents (en cas contrari, s'aplica el valor de 2,15): La menjadora té incorporat l'abeurador, o s'utilitza un sistema d'abeuratge del bestiar d'eficiència equivalent. La neteja de la nau es fa amb un grup d'alta pressió (> 100 atmosferes) i baix cabal (< 25 l/minut) i es disposa de comptador volumètric que permet conèixer els volums d'aigua consumits.

² Aquests valors fan referència als adults (masclles i femelles). En el cas d'explotacions especialitzades en altres fases productives, s'empraran els valors equivalents següents: Cria: 9,6 kg N i 0,64 t de fems per plaça i any. Engreix: 27,3 kg N i 3,60 t de fems per plaça i any. Reposició: 45,5 kg N i 7,00 t de fems per plaça i any. Densitat del fem de 0,8 t/m³, en totes les fases.

³ Si les aus estan engabiades, la densitat és de 0,8; si les aus no estan engabiades i tenen jaç, la densitat és de 0,5.

3. Elección agitador lateral

Los diagramas de selección (curvas) de los agitadores Grundfos están basados en tanques cuadrados y redondos.



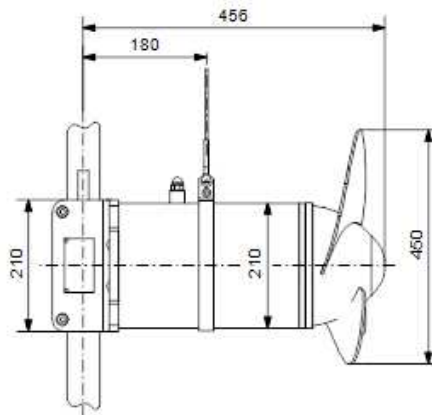
Tipo de agitador	Potencia de motor P ₁ [kW]	Longitud máx. de tanque para un agitador [m]			
		Aplicación 1	Aplicación 2	Aplicación 3	Aplicación 4
AMD.07.18.1410	0.75	6 m	2.5 m	2.0 m	1.5 m
AMD.15.458.710	1.50	16 m	-	5.5 m	4.5 m
AMD.25.458.690	2.50	20 m	-	6.0 m	5.0 m
AMD.35.458.705	3.50	24 m	-	6.5 m	5.5 m
AMD.45.458.675	4.50	28 m	-	7.0 m	6.0 m
AMD.20.45.700	2.00	16 m	11 m	5.0 m	4.5 m
AMD.30.45.710	3.00	20 m	13 m	6.0 m	5.0 m
AMD.40.45.695	4.00	24 m	14 m	6.5 m	5.5 m
AMG.15.40.325	1.50	20 m	10 m	5.5 m	4.0 m
AMG.22.45.325	2.20	22 m	11 m	6.0 m	4.5 m
AMG.30.47.328	3.00	24 m	12 m	6.5 m	5.0 m
AMG.40.52.326	4.00	26 m	13 m	7.0 m	5.5 m
AMG.55.50.335	5.50	31 m	15 m	8.6 m	6.0 m
AMG.75.58.336	7.50	37 m	18 m	10.0 m	7.5 m
AMG.110.68.334	11.00	45 m	22 m	12.5 m	9.0 m
AMG.150.73.354	15.00	55 m	27 m	15.0 m	11.0 m
AMG.185.78.351	18.50	65 m	30 m	18.0 m	13.0 m

Aplicación 1
Fangos activados, Zonas selectoras
Zonas anóxicas, Zonas bivalentes
Zonas anaeróbicas

Aplicación 2
Fangos primarios < 3 % contenido de sólidos
Fangos secundarios < 6 % contenido de sólidos
Fangos digeridos < 8 % contenido de sólidos

Aplicación 3
Sumidero de bomba sin
desbaste previo

Aplicación 4
Sumidero de bomba
con arena



4. Models agitador lateral



Agitador/ Acelerador	Potencia de salida, P _W [kW]	Potencia de entrada, P ₁ [kW]	Tensión nominal del motor [V]	Tipo de cable (8 m)	Número de polos	Modo de funcionamiento ²⁾	Velocidad de la hélice [min ⁻¹]	I _h [A] ²⁾	Cos φ	Intensidad de arranque [A]	Número de álabes	Capacidad [m ³ /h]	Velocidad media [m/s]	Código de producto
AMD.07.18.1410	0.75	1.3	400	H07RN-F4G1	4	S1, triángulo	1410	1.9	0.75	9.3		231	2.6	96113490
AMD.15.45B.710	1.5	2.01	230/400	A07RN-F 12G1.5	8	S1, estrella	710	5.9	0.53	26.7	3	874	1.9	96496413
AMD.25.45B.690	2.5	3.21				S1, estrella	690	7.2	0.69	26.7		1058	2.3	96496412
AMD.35.45B.705	3.5	4.86	400			S1, triángulo	705	11.3	0.65	45.8		1245	2.71	96496411
AMD.45.45B.675	4.5	6.08				S1, triángulo	675	12.5	0.72	45.8		1435	3.12	96560925
AMD.20.45.700	2.0	2.62	230/400			S1, estrella	700	6.5	0.62	26.7		966	2.1	96560926
AMD.30.45.710	3.0	4.23	400			S1, triángulo	710	10.4	0.61	45.8		1151	2.51	96560927
AMD.40.45.695	4.0	5.48				S1, triángulo	695	12.0	0.68	45.8		1340	2.92	96560928
AMG.15.40.325	1.5	1.88	230/400			S1, estrella	325	4.2	0.75	21.0		1058	2.15	96094843
AMG.22.45.325	2.2	2.75				S1, estrella	325	6.0	0.78	30.0		1350	2.34	96094844
AMG.30.47.328	3.0	3.75				S1, triángulo	328	7.3	0.79	38.7		1629	2.50	96094845
AMG.40.52.326	4.0	5.00				S1, triángulo	326	9.2	0.78	42.3		2118	2.72	96094846
AMG.55.50.335	5.5	6.88				S1, triángulo	335	12.9	0.82	65.8		2315	3.21	96094847
AMG.75.58.336	7.5	9.38	400/690	A07RN-F 12G2.5	S1, triángulo	336	16.4	0.84	98.4	3234	3.40	96094848		
AMG.110.68.334	11.0	13.70		S1, triángulo	334	24.0	0.87	124.8	4563	3.49	96094849			
AMG.150.73.354	15.0	18.70		A07RN-F 12G4	S1, triángulo	354	33.0	0.76	191.4	5907	3.92	96094850		
AMG.185.78.351	18.5	23.10		S1, triángulo	351	39.0	0.80	241.8	6985	4.06	96094851			
AFG.15.130.76	1.5	1.84	230/400	A07RN-F 12G1.5	4	S1, estrella	76	4.2	0.67	21.0	2	5874	1.23	96094852
AFG.22.130.77	2.2	2.70				S1, estrella	77	6.0	0.78	30.0		6782	1.42	96094853
AFG.30.130.92	3.0	3.75	400/690			S1, triángulo	92	7.3	0.78	38.7		7546	1.58	96094854
AFG.40.130.93	4.0	5.00				S1, triángulo	93	9.2	0.83	42.3		8453	1.77	96094855
AFG.13.180.30	1.3	1.63	230/400			S1, estrella	30	3.9	0.61	17.6		7461	0.81	96560917
AFG.18.180.34	1.8	2.25				S1, estrella	34	4.5	0.74	20.3		8770	0.96	96560919
AFG.24.180.39	2.4	3.00	400			S1, triángulo	39	7.1	0.61	32.0		10075	1.10	96560921
AFG.37.180.46	3.7	4.63				S1, triángulo	46	8.0	0.80	36.0		12147	1.33	96560922
AFG.15.230.22	1.5	1.88	230/400			S1, estrella	22	5.2	0.52	24.0		10470	0.70	96094856
AFG.22.230.25	2.2	2.75				S1, estrella	25	6.4	0.63	29.0		12265	0.82	96094857
AFG.30.230.29	3.0	3.75	400/690			S1, triángulo	29	8.6	0.66	41.3		15556	1.04	96094858
AFG.40.230.35	4.0	5.00				S1, triángulo	35	10.0	0.73	43.7		17500	1.17	96094859

1) Si la viscosidad del líquido es superior a la del agua, el agitador puede funcionar hasta este valor sin problema. Funcionamiento en agua da valores inferiores.

2) Se refiere a una tensión de 400 V.

En referencia a AMD.XX.45.XXX están disponibles con soporte de motor para tubo de izado de 50x50 mm y 100x100 mm para el mercado de reposiciones.

5. Conduccions hidràuliques

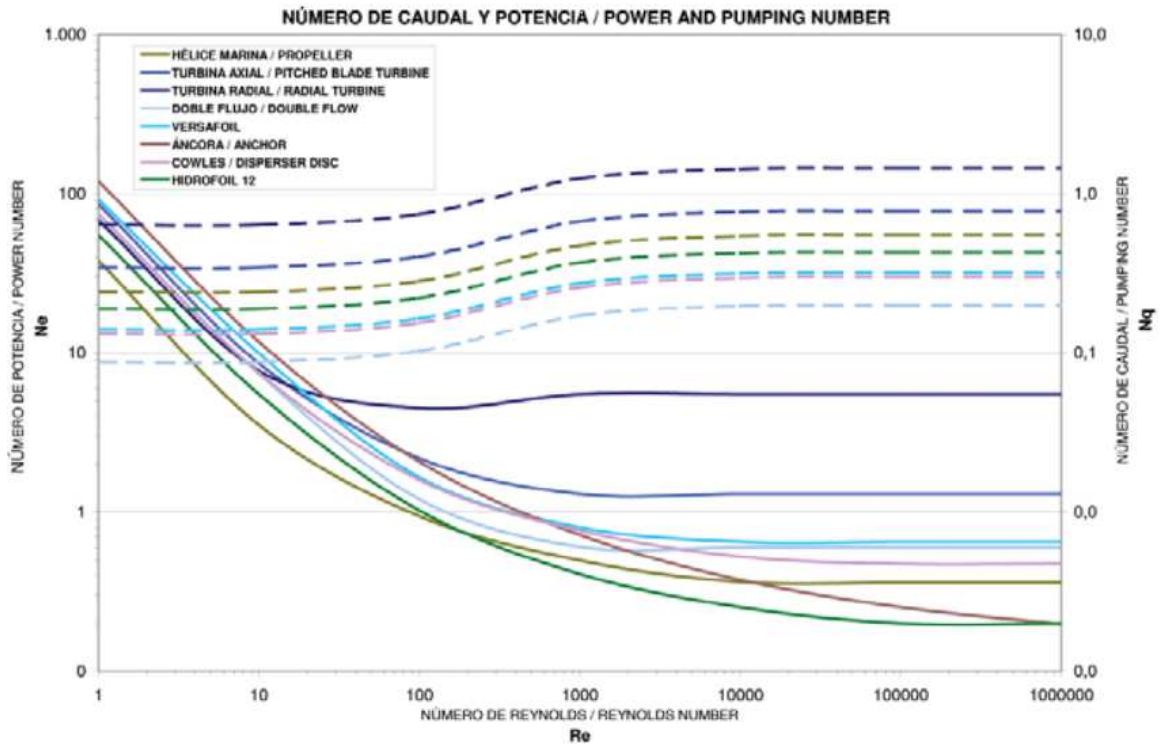
DIN 2440

Material ST 33,2.

Ø nominal Pulgadas	Ø Exterior mm	Ø interior mm	Espesor mm	Peso kg./m
1/8	10,2	6,2	2	0,407
1/4	13,5	8,8	2,35	0,650
3/8	17,2	12,5	2,35	0,852
1/2	21,3	16	2,65	1,220
3/4	26,9	21,6	2,65	1,580
1	33,7	27,2	3,25	2,440
1-1/4	42,4	35,9	3,25	3,140
1 1/2	48,3	41,8	3,25	3,610
2	60,3	53	3,65	5,100
2-1/2	76,1	68,8	3,65	6,510
3	88,9	80,8	4,05	8,470
3-1/2	101,6	93,5	4,05	9,720
4	114,3	105,3	4,50	12,100
4-1/2	127	118	4,50	13,500
5	139,7	130	4,85	16,200
6	165,1	155,4	4,85	19,200

7. Agitador vertical

NÚMERO DE CAUDAL Y POTENCIA *POWER AND PUMPING NUMBER*



6. Aïllaments

02 AISLAMIENTO CALEFACCIÓN

*aislamiento de polietileno expandido
 con célula cerrada*

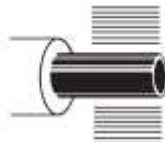
TUBEX®



Características técnicas:

- Densidad: 35 Kgs/m³
- Coeficiente conductividad térmica: 0,032 Kcal/mh °C a 20° C
- Absorción de agua: 0,3% en peso
- Permeabilidad al agua: 0,01 g cm³/día mm Hg
- Temperatura de empleo: -80 a +90° C
- Comportamiento al fuego: Clasificado B1 DIN 4102 (excepto 6 mm)
- Lontitud: 2 m
- Buena resistencia a los disolventes
- Excelente resistencia a la deformación
- Euroclase: Bs1, D0

6



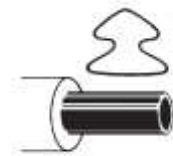
ANTIVIBRACIÓN



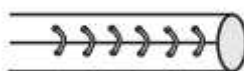
ANTICORROSIÓN



ANTICONDENSACIÓN

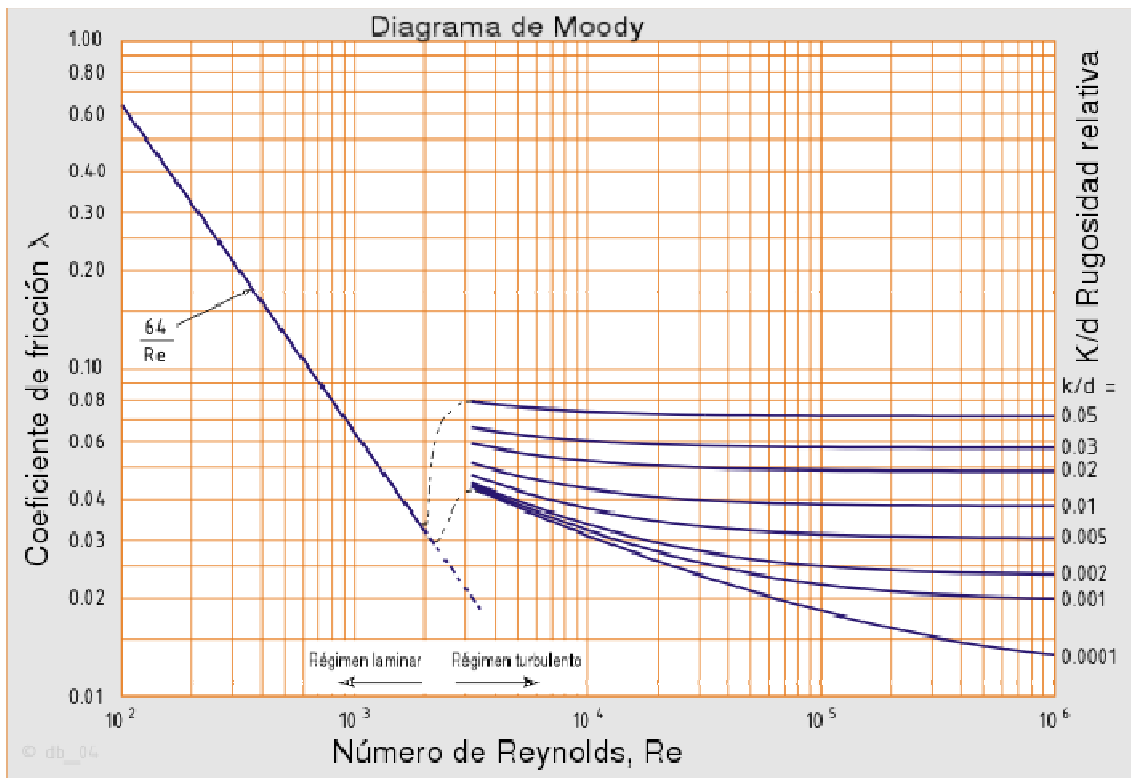


AISLANTE FRIO-CALOR



Código	Artículo					Metro lineal €	Caja completa €/m
	Ref.	Ø interior	Ø Cobre	Ø Hierro	Cont. caja		
COQUILLA 6 mm							
IA 02 001	101	10	3/8"	—	650	0,36	0,31
IA 02 002	102	13	1/2"	1/4"	560	0,40	0,34
IA 02 003	103	15	5/8"	3/8"	480	0,43	0,38
IA 02 004	104	18	3/4"	—	460	0,51	0,45
IA 02 005	105	22	7/8"	1/2"	350	0,55	0,48
IA 02 006	106	28	1-1/8"	3/4"	280	0,70	0,60
IA 02 007	106 A	35	1-3/8"	1"	180	0,86	0,74
COQUILLA 10 mm (PRECORTADA)							
IA 02 102	151	13	1/2"	1/4"	400	0,63	0,53
IA 02 103	152	15	5/8"	3/8"	400	0,65	0,55
IA 02 104	153	18	3/4"	—	300	0,74	0,66
IA 02 105	154	22	7/8"	1/2"	270	0,85	0,73
IA 02 106	155	28	1-1/8"	3/4"	196	0,99	0,87
IA 02 107	156	35	1-3/8"	1"	160	1,18	1,01
IA 02 108	157	42	1-5/8"	1-1/4"	110	1,46	1,26
IA 02 109	157 A	48	—	1-1/2"	100	1,70	1,48
IA 02 110	158	54	2-1/8"	—	80	1,98	1,74
IA 02 111	159	60	2-3/8"	2"	70	2,11	1,83
IA 02 112	160	76	3"	2-1/2"	50	2,88	2,51
IA 02 113	161	89	3-1/2"	3"	40	3,47	3,00
COQUILLA 20 mm (PRECORTADA)							
IA 02 204	403	18	3/4"	—	130	Grosor: 20 mm SOLO EN CAJA COMPLETA	1,87
IA 02 205	404	22	7/8"	1/2"	110		1,93
IA 02 206	405	28	1-1/8"	3/4"	100		2,43
IA 02 207	406	35	1-3/8"	1"	80		2,72
IA 02 208	407	42	1-5/8"	1-1/4"	64		3,15
IA 02 209	407 A	48	—	1-1/2"	56		3,54
IA 02 210	408	54	2-1/8"	—	52		5,23
IA 02 211	409	60	2-3/8"	2"	44		6,12
IA 02 212	410	76	3"	2-1/2"	36		7,18
IA 02 213	411	89	3-1/2"	3"	26		8,71
CLIPS DE CIERRE							€/bolsa
IA 02 961	Bolsa de 100 clips					9,35	

8. Diagrama de Moody



9. Taula de rugositats

Material de construcció	Rugositat (k: mm)
Tuberías de plástico	
Polietileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,02
Tuberías metálicas	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
Acero estirado sin soldaduras:	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
Acero galvanizado:	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
Fundición:	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
Hormigón y fibrocemento:	
- Hormigón:	
Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
Condiciones medias.....	2,5
Superficie rugosa.....	3 - 9
Hormigón armado.....	2,5
- Fibrocemento (F.C.):	
Nuevas.....	0,05 - 0,10
Después de varios años en uso.....	0,60

10. Costos de transport

Tipo de vehículo	Capacidad (m ³)	Consumo (L gasóleo/h)	Potencia (CV)	Coste (€/h)
Dúmper	20	15	320	31,9
	25	16	375	34,0
	30	17	400	36,9
Camión con remolque	16	15	320	30,2
	22	16	375	32,3
	27	17	400	35,1
Tractor	16	16,8	140	26,9

Distancia (km)	€/m ³
2	0,29
4	0,58
6	0,87
8	1,17
10	1,45
12	1,75
15	2,18
20	2,75

Plec de condicions

Índex

	Pàg.
1. Plantejament.....	3
1.1 Objectius	3
1.2 Documents contractuals i informatius	3
1.3 Compatibilitat i relació entre els diversos documents	3
2. Condicions generals.....	4
2.1 Sobre la construcció.....	4
2.2 Sobre el funcionament.....	4
2.3 Forma de pagament.....	4
3. Condicions tècniques.....	5
3.1 Materials	5
3.2 Pla d'obra	11
3.3 Condicions d'obra	13
4. Condicions administratives	13

1. Plantejament

1.1 Objectius

El text que es descriu a continuació consisteix en el document contractual de caràcter comprensiu i obligatori on es recullen les condicions o clàusules que s'accepten a l'hora d'executar el projecte de tractament de dejeccions ramaderes en una granja porcina. El document estableix els aspectes tècnics i de qualitat necessaris a l'hora de la construcció sent d'obligat compliment seguir tot allò establert en el Plec de Condicions.

1.2 Documents contractuals i informatius

Tot allò necessari per dur a terme l'obra es troba desenvolupat a la memòria i en els plànols. Els documents que conformen el contracte són els Plànols, el propi Plec de Condicions, el disseny del projecte desenvolupat en la memòria i el pressupost de construcció que ascendeix a **65.301,99 €**. La resta d'informació establerta en el document de la memòria i d'altres annexos són essencialment informatius.

Si s'estableixen modificacions en el projecte de l'establiment del tractament digestiu cal que siguin aprovades pel projectista.

1.3 Compatibilitat i relació entre els diversos documents

Si es produís algun problema relacionat amb l'establiment de prioritats entre els documents a seguir en el moment d'executar l'obra o de qualsevol contrarietat per error, el plec de condicions prevaldrà seguit dels plànols i memòria incloent disseny i avaluació econòmica.

2. Condicions generals

2.1 Sobre la construcció

Durant la instal·lació del tractament se seguiran les normes establertes en funció de l'element de construcció que s'han disposat en el següent apartat *3. Condicions tècniques*. Aquestes normes, que s'han aplicar obligatòriament, es basen en el transport, el desplegament en obra i la pròpia execució. És responsabilitat dels constructors, el compliment de la normativa així com responsabilitat dels fabricants que els materials compleixin les condicions determinades. El fabricant es compromet a garantir les qualitats requerides i entregar el material en el plaç fixat en el pla d'obra.

Cal dir que la previsió de la vida útil de planta es preveu de 20 anys sent per sota del règim retributiu (25 anys) la qual cosa fa el projecte i la corresponent avaluació econòmica vàlids. Qualsevol encariment d'aquest cost no es preveu en el projecte.

2.2 Sobre el funcionament

La responsabilitat a tots els efectes i possibles danys que es puguin ocasionar durant la utilització de la planta projectada serà responsabilitat exclusiva del propietari i promotor del projecte en termes contractuals.

Qualsevol modificació del tractament com pot ser l'addició de noves màquines o elements no mereix responsabilitat per part del projectista al no haver acordat en aquest projecte previsions d'ampliacions ni de qualsevol altre aspecte en el funcionament.

S'ha de mantenir suport al client de manera que davant de qualsevol dubte sobre la planta, aquest haurà de ser assessorat pel projectista sense càrrecs addicionals.

2.3 Forma de pagament

El pagament entre el promotor i el projectista es portarà a terme de manera que s'abonarà un 50 % de l'import total del projecte en el moment de l'inici i un 50 % a la finalització i tot funcioni correctament.

3. Condicions tècniques

3.1 Materials

UNITAT D'OBRA RSN020: PAVIMENT CONTINU DE FORMIGÓ TRACTAT SUPERFICIALMENT AMB RECOBRIMENT DE CIMENT.

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Formació de paviment continu de formigó armat de 10 cm de gruix, realitzat amb formigó HA-25/B/20/IIa fabricat en central amb additiu hidròfug, i abocament amb bomba, i malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, sobre separadors homologats; tractat superficialment amb morter de rodolament, color Gris Natural, compost de ciment, àrids seleccionats de quars, pigments orgànics i additius, amb un rendiment aproximat de 3 kg/m², empolvorat manualment sobre el formigó encara fresc. Inclús p/p de neteja de la superfície suport, estesa i vibrat del formigó mitjançant regla vibrant, embroquetat o connexió dels elements exteriors (cèrcols d'arquetes, boneres, caixes sifòniques, etc.) de les xarxes d'instal·lacions executades sota el paviment, remolinat mecànic de tota la superfície fins aconseguir que el morter quedi completament integrat en el formigó i neteja final de la superfície acabada. Sense incloure la preparació de la capa base existent, junts de construcció, de retracció, de dilatació ni junts perimetrals.

NORMATIVA D'APLICACIÓ

Elaboració, transport i posada en obra del formigó:

- Instrucció de Hormigón Estructural (EHE-08).

Execució:

- CTE. DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad.

- NTE-RSC. Revestimientos de suelos: Continuos.

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Superfície mesurada en projecció horitzontal, segons documentació gràfica de Projecte.

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA

DEL SUPORT.

Es comprovarà que la superfície suport reuneix les condicions de qualitat i forma previstes.

AMBIENTALS.

Se suspendran els treballs de formigonat quan ploqui amb intensitat, neu, existeixi vent excessiu, una temperatura ambient superior a 40°C o es prevegi que dintre de les 48 hores següents pugui descendir la temperatura ambient per sota dels 0°C.

DEL CONTRACTISTA.

Disposarà en obra d'una sèrie de mitjans, en previsió que es produeixin canvis bruscs de les condicions ambientals durant el formigonat o posterior període d'enduriment, no podent començar-se el formigonat dels diferents elements sense l'autorització per escrit del Director d'Execució de l'obra. Garantirà que aquest tipus de treballs sigui realitzat per personal qualificat i sota el control d'empreses especialitzades.

PROCÉS D'EXECUCIÓ

FASES D'EXECUCIÓ.

Neteja de la superfície suport. Replanteig de les juntes i draps de treball. Estesa de nivells mitjançant tocaments, mestres de formigó o regles. Reg de la superfície base. Col·locació de la malla electrosoldada amb separadors homologats. Abocament i compactació del formigó. Aplicació manual del morter, assegurant-se de la total cubrició del formigó fresc. Fratasado mecànic de la superfície.

CONDICIONS DE TERMINACIÓ.

La superfície del paviment presentarà una textura uniforme i no tindrà segregacions.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

Quedarà prohibit tot tipus de circulació sobre el paviment durant les 72 hores següents al formigonat, excepte la necessària per a realitzar els treballs d'execució de juntes i control d'obra.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà, en projecció horitzontal, la superfície realment executada segons especificacions de Projecte.

UNITAT D'OBRA EHM010: MUR DE FORMIGÓ.**CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES**

Formació de mur de formigó armat 2C, d'entre 3 i 6 m d'altura, gruix 30 cm, superfície plana, realitzat amb formigó HA-25/B/20/IIa fabricat en central amb additiu hidròfug, i abocament amb cubilot, i acer UNE-EN 10080 B 500 S, amb una quantia aproximada de 50 kg/m³, executat en condicions complexes; muntatge i desmuntatge de sistema d'encofrat amb acabat tipus industrial per revestir, realitzat amb plafons metàl·lics modulars, amortitzables en 150 usos. Inclús p/p de replanteig, elaboració i muntatge de la ferralla en el lloc definitiu de la seva col·locació en obra, formació de juntes, separadors, distanciadors per a encofrats, accessoris, elements de sustentació, fixació i apuntament necessaris per a l'estabilitat de l'encofrat, aplicació de líquid desencofrant i curació del formigó.

NORMATIVA D'APLICACIÓ

Elaboració, transport i posada en obra del formigó: Instrucció de Hormigón Estructural (EHE-08).

Muntatge i desmuntatge del sistema d'encofrat: Instrucció de Hormigón Estructural (EHE-08).

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Volum mesurat sobre la secció teòrica de càlcul, segons documentació gràfica de Projecte, deduint els buits de superfície major de 2 m².

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA**DEL SUPORT.**

Es comprovarà l'existència de les armadures d'espera en el plànol de suport del mur, que presentarà una superfície horitzontal i neta.

AMBIENTALS.

Se suspendran els treballs de formigonat quan plogui amb intensitat, neu, existeixi vent excessiu, una temperatura ambient superior a 40°C o es prevegi que dintre de les 48 hores següents pugui descendir la temperatura ambiental per sota dels 0°C.

DEL CONTRACTISTA.

Disposarà en obra d'una sèrie de mitjans, en previsió que es produeixin canvis bruscs de les condicions ambientals durant el formigonat o posterior període d'enduriment, no podent començar-se el formigonat dels diferents elements sense l'autorització per escrit del Director d'Execució de l'obra.

FASES D'EXECUCIÓ.

Neteja i preparació de la superfície de recolzament. Replanteig. Col·locació de les armadures amb separadors homologats. Formació de juntes. Muntatge del sistema d'encofrat a dues cares del mur. Abocament i compactació del formigó. Desmuntatge del sistema d'encofrat. Curat del formigó. Neteja de la superfície de coronació del mur. Reparació de defectes superficials, si s'escau.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

S'evitarà l'actuació sobre l'element d'accions mecàniques no previstes en el càlcul.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà el volum teòric executat segons especificacions de Projecte, deduint els buits de superfície major de 2 m².

Codi LER	Residus generats	Pes (kg)	Volum (l)
17 04 05	Ferro i acer.	3,974	1,892
17 09 04	Residus barrejats de construcció i demolició diferents dels especificats en els codis 17 09 01, 17 09 02 i 17 09 03.	0,013	0,009
17 01 01	Formigó (formigons, morters i prefabricats).	7,834	5,223
	Residus generats:	11,821	7,124

15 01 04	Envasos metàl·lics.	0,008	0,013
	Total residus:	11,829	7,137

UNITAT D'OBRA NAF040: AÏLLAMENT PER L'EXTERIOR EN FAÇANES VENTILADES.

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Subministrament i col·locació d'aïllament per l'exterior de façana ventilada format per panell rígid de llana mineral, segons UNE-EN 13162, no revestit, de 30 mm d'espessor, resistència tèrmica 0,85 m²K/W, conductivitat tèrmica 0,034 W/(mK), col·locat a topall per evitar ponts tèrmics, fixat mecànicament i posterior segellat de totes les unions entre plafons amb cinta de segellat de juntes. Inclús p/p de talls, fixacions i neteja.

NORMATIVA D'APLICACIÓ

Execució: CTE. DB-HE Ahorro de energía.

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Superfície mesurada segons memòria de Projecte.

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA

DEL SUPORT.

Es comprovarà que la superfície suport està acabada amb el grau d'humitat adequat i d'acord amb les exigències de la tècnica a emprar per a la seva col·locació.

AMBIENTALS.

Es suspendran els treballs quan la velocitat del vent sigui superior a 30 km/h o la humedat ambiental superior al 80%.

PROCÉS D'EXECUCIÓ

FASES D'EXECUCIÓ.

Tall i preparació de l'aïllament. Col·locació de l'aïllament.

CONDICIONS DE TERMINACIÓ.

La protecció de la totalitat de la superfície serà homogènia. No existiran ponts tèrmics.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

L'aïllament es protegirà, després de la seva col·locació, de la pluja i dels impactes, pressions o d'altres accions que el poguessin alterar.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà la superfície realment executada segons especificacions de Projecte.

UNITAT D'OBRA NAA010: AÏLLAMENT TÈRMIC DE CANONADES.

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Subministrament i col·locació d'aïllament tèrmic de canonada en instal·lació exterior de calefacció, col·locada superficialment, per la distribució de fluids calents (de +40°C a +60°C), format per camisa aïllant d'escuma elastomèrica d'estructura cel·lular tancada, amb adhesiu per a les unions.

NORMATIVA D'APLICACIÓ

Execució: CTE. DB HS Salubridad.

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA

DEL SUPORT.

Es comprovarà que les canonades estan fora de servei i es troben completament buides. Es comprovarà que la superfície està seca i neta.

PROCÉS D'EXECUCIÓ**FASES D'EXECUCIÓ.**

Preparació de la superfície de les canonades. Replanteig i tall de l'aïllament. Col·locació de l'aïllament.

CONDICIONS DE TERMINACIÓ.

La protecció de la totalitat de la superfície serà homogènia.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

L'aïllament es protegirà, després de la seva col·locació, dels impactes, pressions o altres accions que ho poguessin alterar.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà la longitud realment executada segons especificacions de Projecte.

UNITAT D'OBRA ICG231: CALDERA A GAS, DOMÈSTICA, DE CONDENSACIÓ, MURAL, PER A CALEFACCIÓ.**CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES**

Subministrament i instal·lació de caldera mural de condensació a gas N, només calefacció, càmera de combustió estanca i tir forçat, potència de 60 kW, panell de comandaments amb display digital, encesa electrònica i seguretat per ionització, sense flama pilot, equipament format per: cos de caldera, panell de control i comandament, programador digital per a programació setmanal del circuit de calefacció, encastrat en el frontal de la caldera, vas d'expansió amb purgador automàtic, kit estàndard d'evacuació de fums i plantilla de muntatge, amb termòstat d'ambient, comunicació digital via bus a 2 fils. Totalment muntada, connexió i provada.

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Nombre d'unitats previstes, segons documentació memòria de Projecte.

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA**DEL SUPORT.**

Es comprovarà que la seva situació es correspon amb la de Projecte i que la zona d'ubicació està completament acabada i condicionada.

DEL CONTRACTISTA.

Coordinarà a l'instal·lador de la caldera amb els instal·ladors d'altres instal·lacions que puguin afectar a la seva instal·lació i al muntatge final de l'equip.

PROCÉS D'EXECUCIÓ**FASES D'EXECUCIÓ.**

Replanteig. Presentació dels elements. Muntatge de la caldera i els seus accessoris. Connexió amb les xarxes de conducció d'aigua, de gas, de salubritat i elèctrica, i amb el conducte d'evacuació dels productes de la combustió. Posada en marxa.

CONDICIONS DE TERMINACIÓ.

La caldera quedarà fixada sòlidament en bancada o parament i amb l'espai suficient al seu al voltant per a permetre les tasques de neteja i manteniment.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

Es protegiran tots els elements enfront de cops, materials agressius, humitats i brutícia.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà el nombre d'unitats realment executades segons especificacions de Projecte.

• **Normativa sobre caldera gas:**

- RD 276/1995
- RD 400/1996
- RD 769/1999
- RD 560/2010 (Normes reglamentàries)

UNITAT D'OBRA NGL010: LÀMINA EPDM

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Subministrament i col·locació sobre el reactor de coberta elàstica

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Superfície mesurada segons memòria de Projecte.

CONDICIONS PRÈVIES QUE S'HAN DE COMPLIR ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA

DEL SUPORT.

Es comprovarà que les característiques del material sobre el qual es va estendre la làmina separadora es corresponen amb les previstes en el Projecte. La superfície estarà neta, seca i exempta de material trencadís que pugui perforar la làmina separadora per punxonament.

AMBIENTALS.

Se suspendran els treballs quan plougui amb intensitat, neu o existeixi vent excessiu.

FASES D'EXECUCIÓ.

Col·locació de la làmina separadora sobre el terreny. Resolució de cavalcaments i unions.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà la superfície realment executada segons especificacions de Projecte, incloent els lliuraments i els solapes.

UNITAT D'OBRA ISV030: CONDUCTE DE PVC

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Subministrament i col·locació de conducte per a instal·lació de ventilació, format per **tub llis de PVC, de 50 mm de diàmetre interior i 3 mm de gruix**, pegat mitjançant adhesiu, col·locat en posició **horitzontal**. Fins i tot p/p de retallada de materials, unions, reforços, embocadures, tapes de registre, elements de fixació, connexions, accessoris i peixos especials, sense incloure comportes de regulació o tallafoc, ni reixetes i difusores. Totalment muntat, connexionat i provat.

NORMATIVA D'APLICACIÓ

Instal·lació: **CTE. DB HS Salubridad.**

CRITERI D'AMIDAMENT EN PROJECTE

Longitud projectada, segons memòria de Projecte, mesurada entre els eixos dels elements o dels punts a connectar, sense descomptar les peces especials.

CONDICIONS PRÈVIES QUE HAN DE CUMPLIR-SE ABANS DE LA EXECUCIÓ DE LES UNITATS D'OBRA

DEL SUPORT.

Es comprovarà que la seva situació i recorregut es corresponen amb els de Projecte, i que hi ha espai suficient per a la seva instal·lació. Es comprovarà l'existència de forats i passatubs en els forjats i elements estructurals a travessar.

PROCÉS D'EXECUCIÓ

FASES D'EXECUCIÓ.

Replanteig i traçat del conducte. Presentació de tubs, accessoris i peces especials. Col·locació i fixació de tubs, accessoris i peces especials.

CONDICIONS DE TERMINACIÓ.

El conducte serà estanca. La ventilació serà adequada.

CONSERVACIÓ I MANTENIMENT.

Es protegirà enfront de cops.

CRITERI D'AMIDAMENT EN OBRA I CONDICIONS D'ABONAMENT

Es mesurarà la longitud realment executada segons especificacions de Projecte.

UNITAT D'OBRA: Agitadors

Les característiques tècniques queden definides en l'apartat de Figures dels annexos.

UNITAT D'OBRA: Tubs d'acer ST 33.2

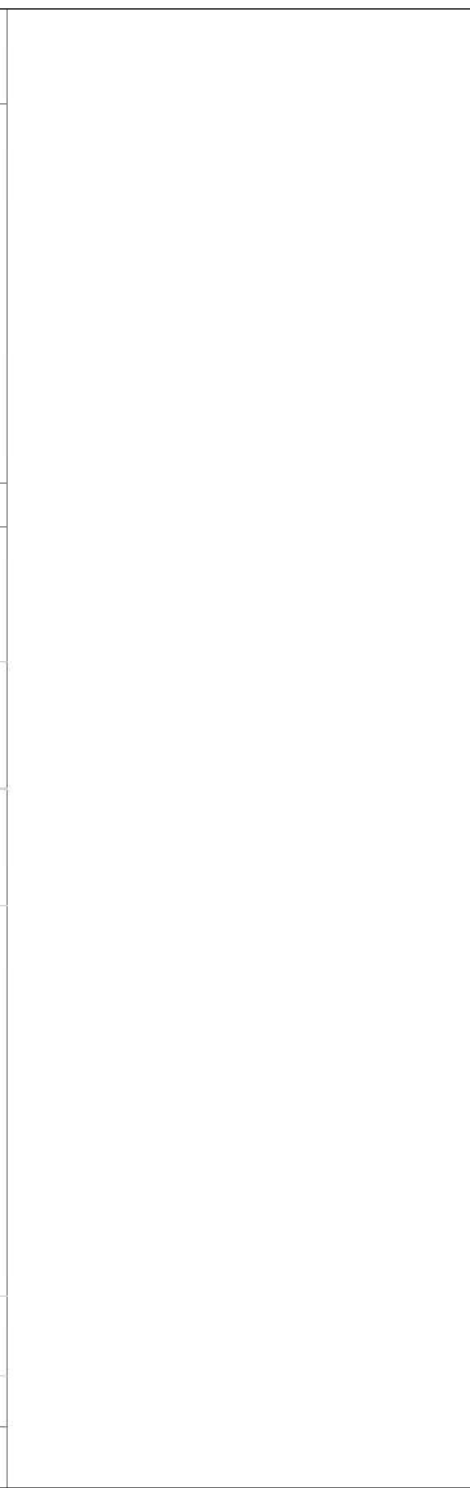
Les característiques tècniques queden definides en l'apartat de Figures dels annexos.

3.2 Pla d'obra

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	julio			agosto			septiembre			octubre			
						F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	
1		Planta de biogàs	64 días	vie 01/07/16	mié 28/09/16													
2		Obtenció de llicències i registres	30 días	vie 01/07/16	jue 11/08/16													
3		Adquisició dels materials	15 días	vie 12/08/16	jue 01/09/16													
4		Preparació del terreny	2 días	vie 12/08/16	lun 15/08/16													
5		Pavimentacions	3 días	vie 02/09/16	mar 06/09/16													
6		Murs de formigó	4 días	mié 07/09/16	lun 12/09/16													
7		Instal·lació del gasòmetre	1 día	mié 07/09/16	mié 07/09/16													
8		Instal·lació de la caldera i generador	1 día	mié 07/09/16	mié 07/09/16													
9		Elements auxiliars del dipòsit i del reactor	1 día	mar 13/09/16	mar 13/09/16													
10		Instal·lació del bescanviador de calor	1 día	mié 14/09/16	mié 14/09/16													
11		Coberta del reactor	1 día	jue 15/09/16	jue 15/09/16													
12		Instal·lar el separador	1 día	vie 16/09/16	vie 16/09/16													

<p>Projecte: pla obra Fecha: mar 31/05/16</p>	
---	--

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	julio			agosto			septiembre			octubre		
						P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F
13		Col·locar bombes hidràuliques	1 día	mar 13/09/16	mar 13/09/16												
14		Realitzar connexions entre els elements	1 día	vie 16/09/16	vie 16/09/16												
15		Realitzar connexió generador-xarxa	1 día	lun 19/09/16	lun 19/09/16												
16		Proves de funcionament	7 días	mar 20/09/16	mié 28/09/16												



Proyecto: pla obra
Fecha: mar 31/05/16

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

3.3 Condicions d'obra

El promotor designarà al Tècnic Director de les obres que serà responsable de la inspecció i vigilància de l'execució del contracte i assumirà la representació de l'Administració davant el Contractista aplicant allò disposat en el Reglament General de Contractació. Correspon exclusivament a la Direcció d'obra la interpretació tècnica del projecte i la conseqüent expedició d'ordres complementàries, gràfiques o escrites, pel desenvolupament del mateix.

La Direcció d'obra podrà ordenar, abans de l'execució d'aquestes, els modificacions de detall del projecte que cregui oportunes sempre i quan no alteri els aspectes més importants del projecte, no excedeixin el cost total i que siguin comunicades i raonades de forma signifiquin una millora.

A la Direcció d'obra li pertoca saber quan s'hauran de substituir materials de difícil adquisició per altres de similars però que compleixin en termes de qualitat i fixar els preus unitaris que s'estimin raonables.

El plaç d'execució de les obres s'ha estimat en 64 dies. Dins del plaç d'execució queda inclòs la construcció total del projecte.

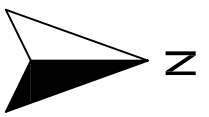
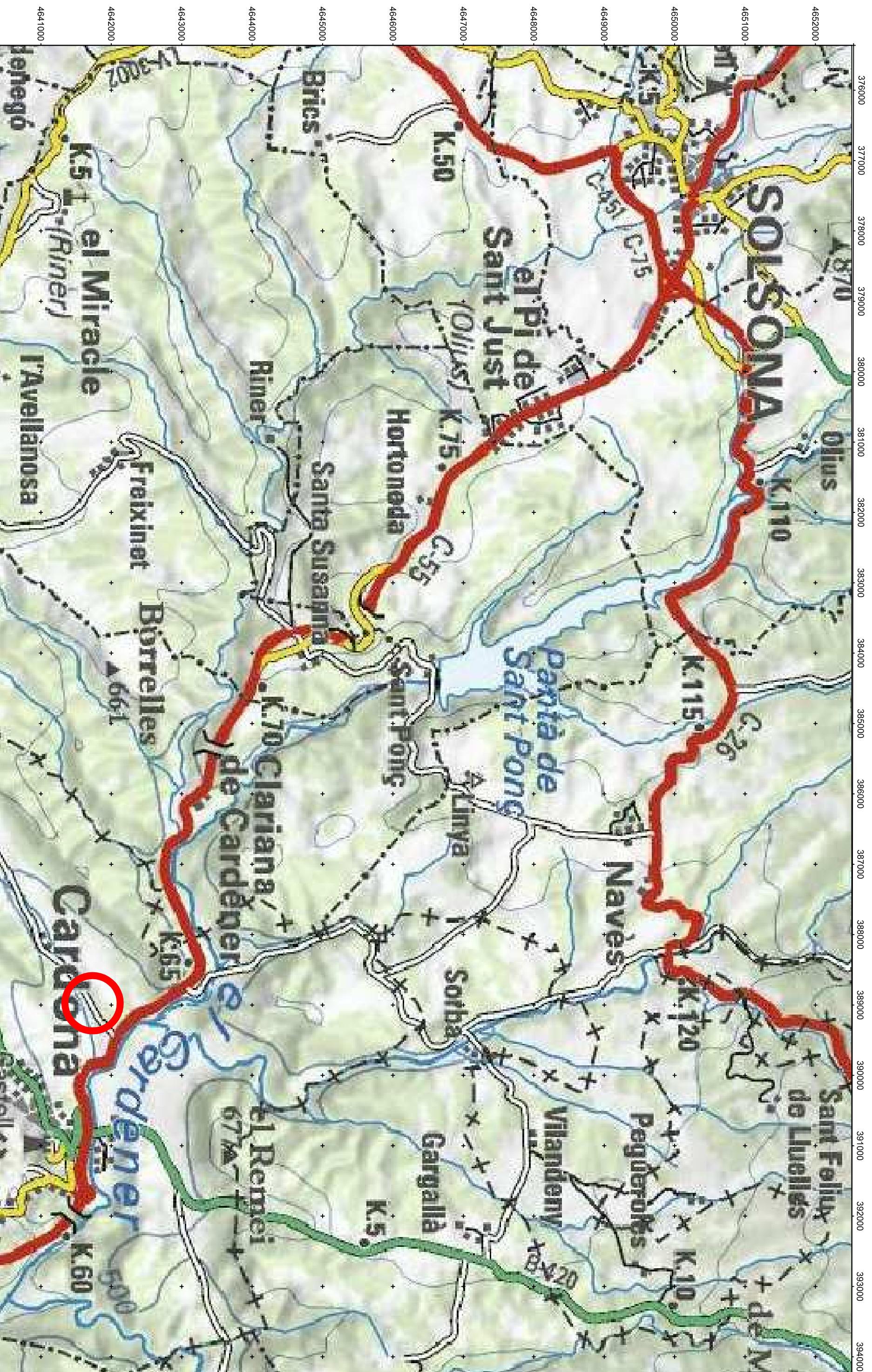
Quan les obres no es trobin en bon estat hauran de constar en l'acta i el director de les mateixes senyalarà els defectes observats i detallarà les instruccions precises fixant un plaç per solucionar-los. El plaç de garantia ha de ser d'un any. En el cas de què s'excedeixi el plaç previst per l'execució de les obres, s'aplicarà una penalització.

4. Condicions administratives

El promotor és l'encarregat d'aconseguir tots els permisos i llicències adequades en un plaç igual o inferior en el determinat pel pla d'obra. Qualsevol problema en relació amb retards s'haurà de comunicar per escrit i es prendrà una decisió entre les parts interessades personades.

Una vegada adjudicades les obres, el Contractista designarà una persona que assumeixi la direcció dels treballs que s'executin i que actuï com a representant seu davant l'Administració a tots els efectes que es requereixin durant l'execució de les obres. Prèviament al nomenament del seu representant, el Contractista haurà de sotmetre'l a l'aprovació de la Direcció. Aquest representant haurà de romandre en un punt pròxim als treballs i no podrà marxar sense posar-lo en coneixement de la Direcció Facultativa.

Plànols



4662000
4661000
4660000
4649000
4648000
4647000
4646000
4645000
4644000
4643000
4642000
4641000

376000 377000 378000 379000 380000 381000 382000 383000 384000 385000 386000 387000 388000 389000 390000 391000 392000 393000 394000



 Escola Politécnica Superior
 d'Enginyeria de Manresa
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Nom: Joan Guàrdar Badrenas
 Data: Juny del 2016

Esclai: 1/50.000 UTM ETRS89

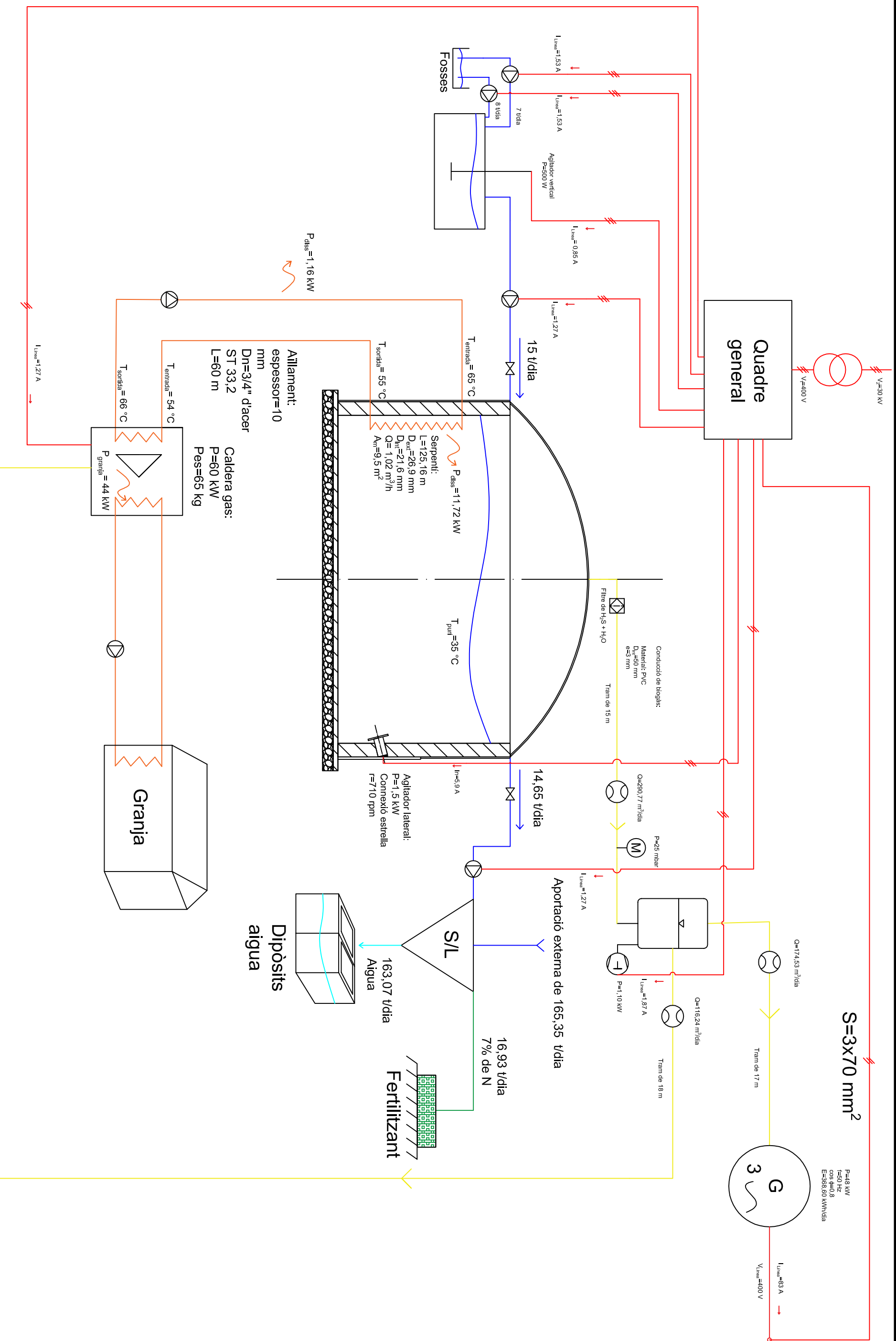
Plànol topogràfic on s'aprecia la C-55 y les poblacions de Cardona i Solsona. Amb un cercle l'explotació. Les mesures estan en metres.

Plànol número 1

Treball final de grau

1.000 m

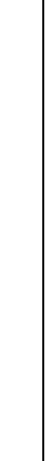




Llegenda:

- Línies elèctriques tripolars
- Conduccions de biogàs (PVC)
- Flux d'aigua de calefacció
- Conduccions del purí/fems
- Aigua per tasques de reg
- Flux de sòlids amb N concentrat
- T Compressor
- Vàlvula comporta

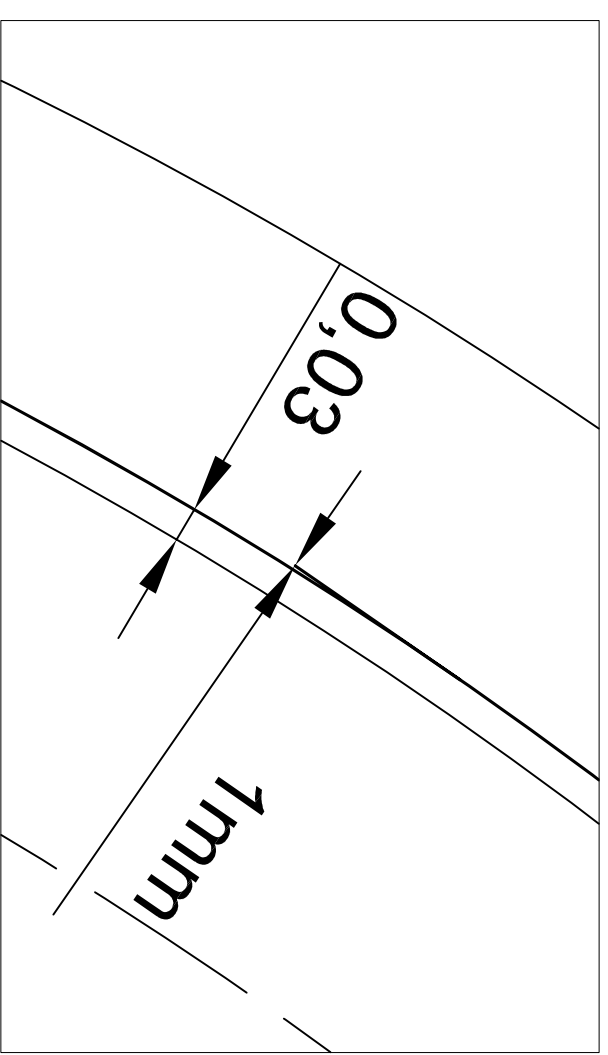
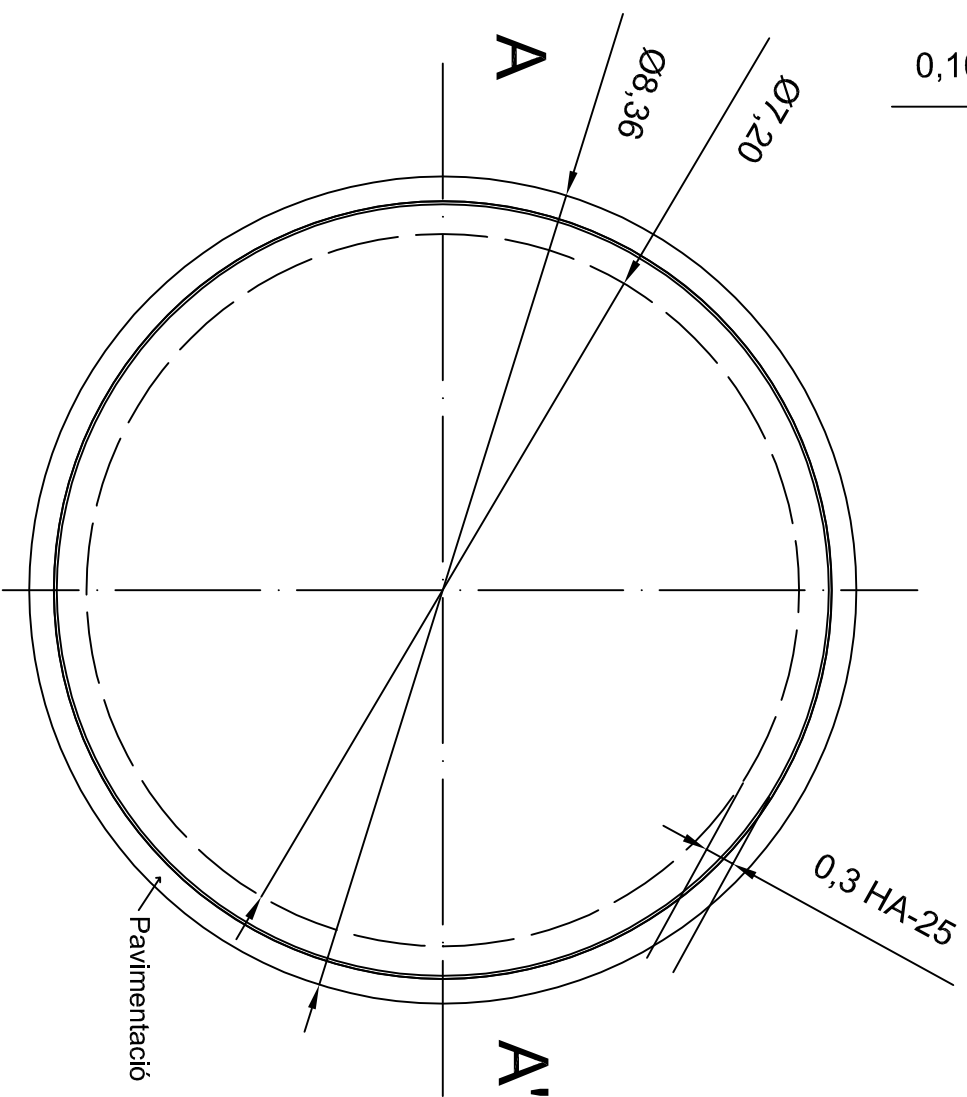
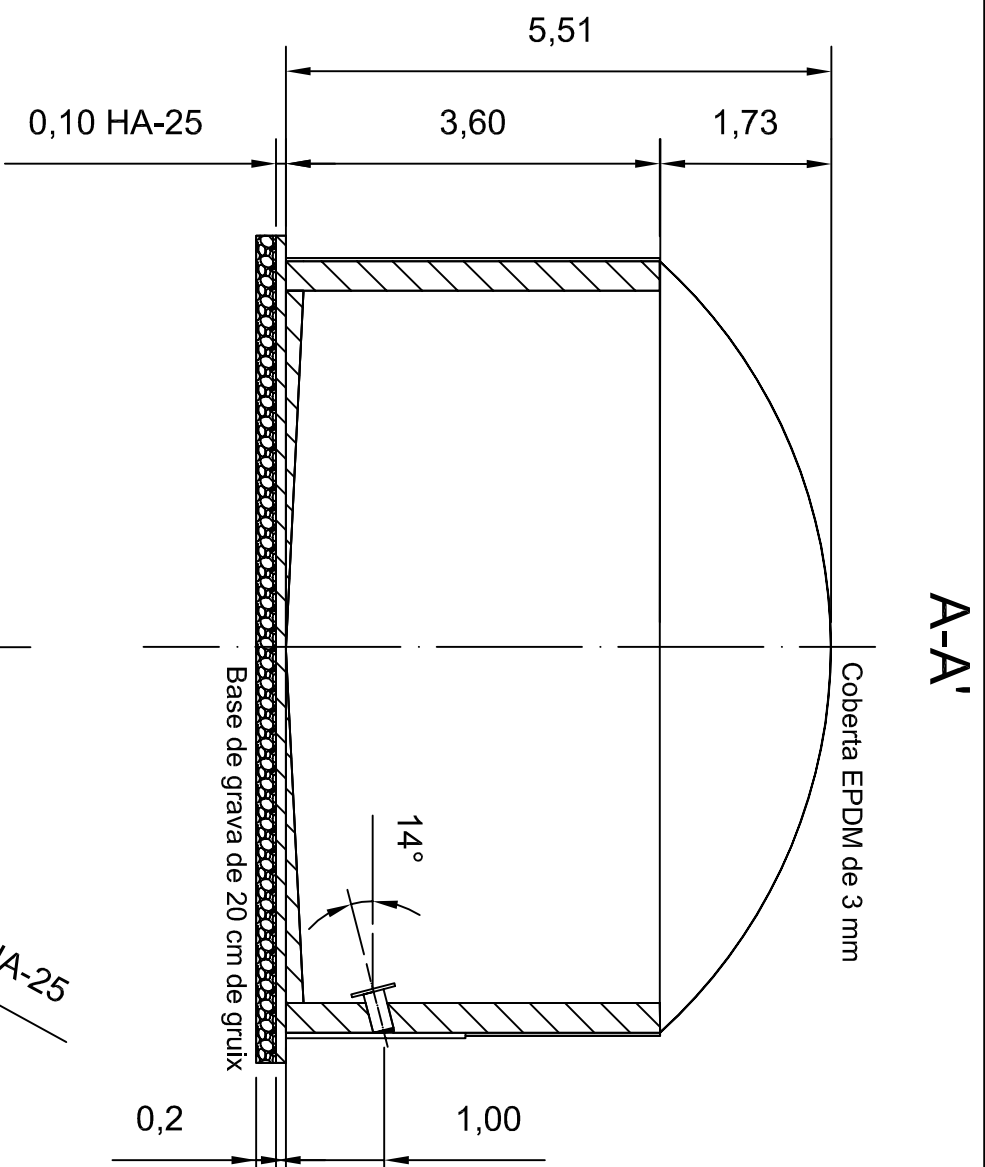
Nom: Joan Guitart Badrenos
 Data: Juny del 2016



Plànol número 2

Treball final de grau

Esquema de la planta amb valors mitjans de funcionament



Detall dels gruixos de llana mineral (30 mm) i làmina d'acer (1 mm)

Nom: Joan Guitart Badrenas

Data: Juny del 2016

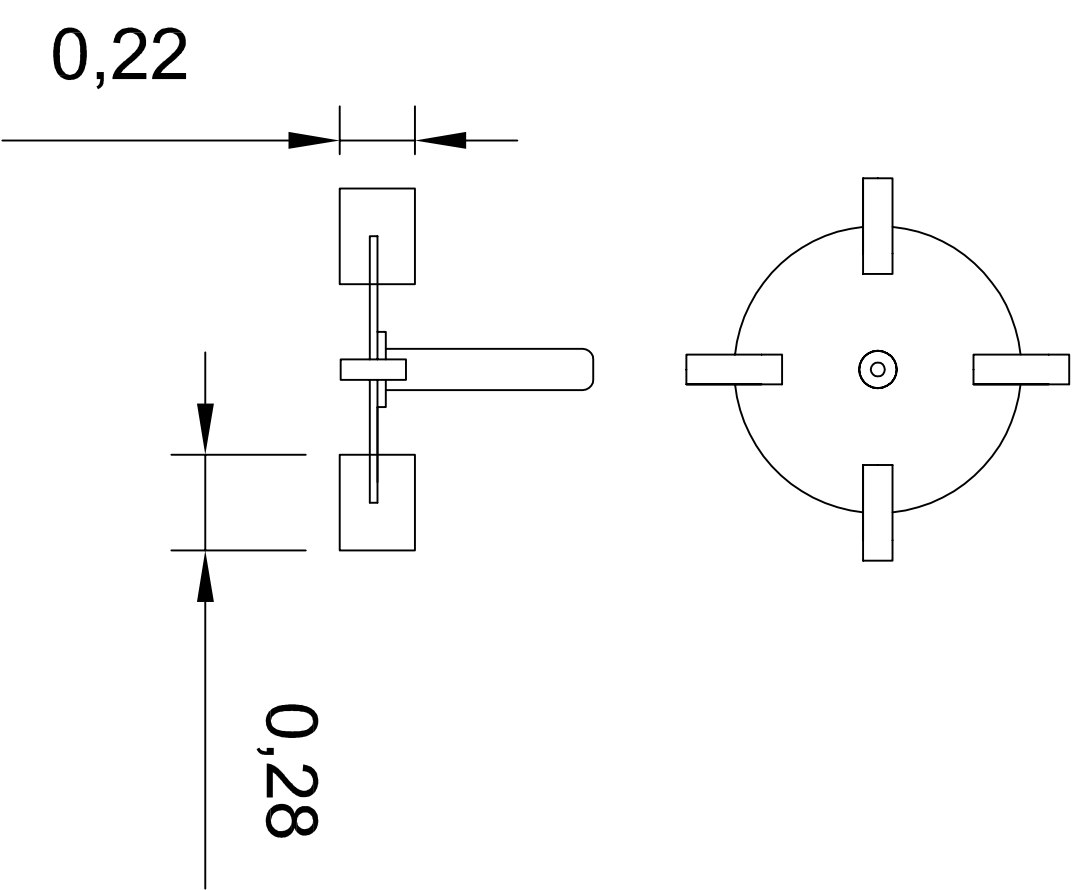
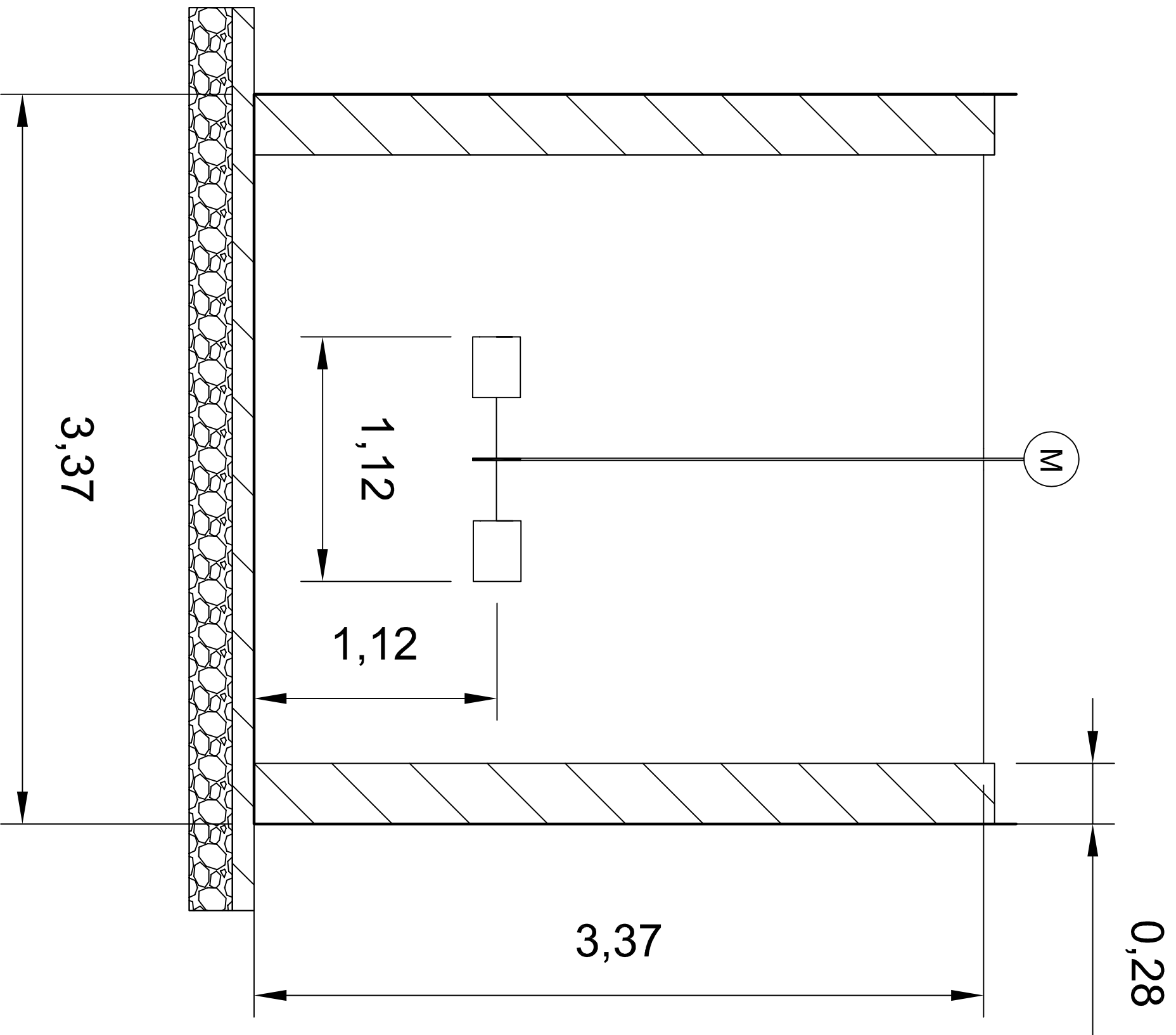
Escola: 1/75

Treball final de grau

Plànol on s'especifica els
amidaments del reactor.
Destacar els 14° d'inclinació de
l'agitador respecte l'horitzontal

Plànol número 3

Unitats en metres



Nom: Joan Guitart Badrenas

Data: Juny del 2016

Escola: 1/10

Treball final de grau

Plànol on s'especifica els
amidaments de l'agitador
vertical en el dipòsit de
recepció. Els càlculs es troben
recollits a l'apartat 8.8 de la
memòria

Plànol número 4

Unitats en metres