

Estudi comparatiu per maximitzar l'eficiència energètica d'una planta industrial



Treball de Fi de Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Alumne: Josep Maria Ballarin Nasarre

22/01/2016

Director: Jose Maria Morancho Llena

1. RESUM

En aquest treball de fi de grau, es recull un estudi comparatiu de quatre instal·lacions energètiques, proposant tres noves alternatives i una quarta alternativa considerant la possible renovació de la instal·lació actual per tal de maximitzar l'eficiència energètica de la instal·lació. Aquesta instal·lació a modificar, es troba en una planta industrial agroalimentària de la Corporació Agroalimentària de Guissona (Bon Àrea) ubicada a Bujaraloz, un poble de la província de Saragossa.

Inicialment, es realitza una breu introducció de quina és l'activitat que es du a terme en aquesta planta industrial, fent una petita presentació de la planta per veure que està formada per la fàbrica de pinso, les oficines i la deshidratadora d'alfals. S'analitzarà prèviament quina és la demanda energètica durant l'any 2014 i els seus respectius costos energètics estimats. Un cop tenim estudiada tota la situació d'on es parteix, es prosseguirà al plantejament de les alternatives per optimitzar l'activitat energètica.

La instal·lació actual a maximitzar l'eficiència consisteix en un motor de combustió interna de combustible Fuel Oil que genera energia elèctrica amb una potència de 2.500 kW per satisfer tota la planta industrial, i un cremador que origina una flama que escalfa un flux d'aire calent que s'utilitza en una deshidratadora d'alfals. Per tant, es té dos punts de demanda d'energia a tenir en compte.

Per tal de dur a terme l'objectiu de maximitzar l'eficiència energètica, s'estudiarà en primer lloc les propietats i preus orientatius dels combustibles candidats a l'alternativa. Els combustibles candidats que s'estudiaran amb detall són: el Gas Natural (en aquest cas es treballarà en estat líquid per tal de poder ser emmagatzemat i transportat al recinte industrial), la biomassa (majoritàriament forestal) i el Gas Propà (considerat un Gas Líquid del Petroli amb un elevat poder calorífic), a més a més d'analitzar la situació actual amb combustible Fuel Oil.

Seguidament esdevindrà la part tècnica del treball, s'analitzaran els requisits que es necessiten per construir i fer possible una instal·lació que s'alimenti únicament del combustible candidat escollit. Respectivament per cada alternativa, es donarà resposta al perquè aquest combustible, com es duria a terme el disseny de la instal·lació, quina és la normativa vigent, quins són els volums i dimensions dels elements constituents de la instal·lació, descripció i funcionament de la instal·lació i ubicació d'aquesta dins el recinte industrial.

Finalment, es realitzen dos estudis, un primer estudi paral·lelament de viabilitat tècnica de tots els elements corresponents de cada alternativa, per tal de poder veure si es comercialitzen al mercat a l'abast de tothom i satisfan les necessitats prèviament analitzades. El segon estudi consisteix a avaluar la viabilitat econòmica de cada alternativa, utilitzant eines d'estudi d'inversions a partir de l'elaboració d'uns pressupostos de cada element escollit. Un cop es té calculat la inversió inicial del projecte i l'estalvi anual que suposa aquesta nova inversió, en un període de 10 anys vista (període en el qual es garanteix la vida de la maquinària al 100%) i una taxa d'interès de l'euríbor anual de l'any 2015, s'utilitzen indicadors de rendibilitat (VAN, TIR i Període de Retorn) per avaluar la viabilitat.

2. ÍNDEX

1. RESUM	2
2. ÍNDEX	3
3. GLOSSARI	6
4. PREFACI	9
4.1 Origen del treball	9
4.2 Motivació	9
4.3 Requeriments previs	9
5. INTRODUCCIÓ	10
5.1 Objectius del treball	10
5.2 Abast del treball.....	10
6. MEMÒRIA	11
6.1 Presentació de la planta.....	11
6.1.1 Contextualització geogràfica, institucional.....	11
6.1.2 Descripció constructiva, superfícies	11
6.1.3 Producte de fabricació: ALFALS.....	12
6.1.4 Procés de deshidratació de l'alfals	14
6.1.5 Productes finals de l'alfals.....	16
6.1.6 Procés de fabricació del pinso.....	17
6.1.7 Demanda energètica.....	20
6.1.8 Costos (mensuals - anuals)	21
6.2 Anàlisi de la instal·lació elèctrica.....	22
6.3 Anàlisi de la instal·lació tèrmica	23
6.4 Combustibles candidats (Fuel Oil, Gas Natural, Biomassa, Gas Propà)	24
6.4.1 Fuel Oil.....	25
6.4.2 Gas Natural Liquat	26
6.4.3 Biomassa	27
6.4.4 Gas Propà	28
6.5 Alternativa 1. Instal·lació d'una planta satèl·lit de Gas Natural Liquat	29
6.5.1 Origen del projecte.....	29

6.5.2	Característiques del Gas Natural Liquat (GNL)	29
6.5.3	Característiques de les plantes satèl·lit	30
6.5.4	Transport del Gas Natural Liquat (GNL)	30
6.5.5	Descripció i funcionament de la instal·lació	30
6.5.6	Ubicació de la planta satèl·lit a la planta industrial	32
6.5.7	Normativa	33
6.6	Alternativa 2. Instal·lació d'una planta de Biomassa	33
6.6.1	Origen del projecte	33
6.6.2	Característiques de la Biomassa	33
6.6.3	Descripció i funcionament de la instal·lació	33
6.6.4	Ubicació de la planta de combustió de biomassa	37
6.6.5	Normativa	38
6.7	Alternativa 3. Instal·lació d'una planta satèl·lit de Gas Propà	39
6.7.1	Origen del projecte	39
6.7.2	Característiques del Gas Propà	39
6.7.3	Descripció i funcionament de la instal·lació	39
6.7.4	Ubicació de la planta de generació d'energia elèctrica de Gas Propà	41
6.7.5	Normativa	41
6.8	Estudi de viabilitat tècnica i econòmica de cada alternativa	42
6.8.1	Fuel Oil	43
6.8.2	Gas Natural Liquat (GNL)	45
6.8.3	Biomassa	47
6.8.4	Gas Propà (GLP)	50
6.8.5	Taula comparativa	52
6.9	Impacte mediambiental	53
6.10	Pressupost del projecte	54
7.	CONCLUSIONS	55
8.	AGRAÏMENTS	57
9.	BIBLIOGRAFIA	58
10.	ANNEX	61
10.1	Càlculs energètics	61
10.1.1	Preu €/kWh Fuel Oil	61
10.1.2	Preu €/kWh Gas Natural	61
10.1.3	Preu €/kWh Biomassa	61
10.1.4	Preu €/kWh Gas Propà	61
10.1.5	Volum del dipòsit de Fuel Oil	62

10.1.6	Volum del dipòsit de Gas Natural Liquat	62
10.1.7	Cabal màssic de vapor d'aigua necessari (Biomassa)	62
10.1.8	Potència tèrmica necessària de la caldera (Biomassa)	63
10.1.9	Quantitat de biomassa requerida	63
10.1.10	Volum dipòsit de Gas Propà	63
10.1.11	Comandes mensuals	64
10.2	Càlculs costos consums anuals	65
10.3	Ubicació de les tres respectives plantes	66
10.4	Normes (ISO, UNE i altres)	67
10.4.1	Planta satèl·lit de Gas Natural Liquat.....	67
10.4.2	Planta satèl·lit de Gas Propà	67
10.5	Fuel Oil	68
10.5.1	Característiques del motor de combustió.....	68
10.5.2	Característiques del cremador	68
10.6	Gas Natural Liquat (GNL)	69
10.6.1	Característiques del motor de combustió.....	69
10.6.2	Característiques del cremador	69
10.7	Biomassa	70
10.7.1	Característiques de la caldera de vapor.....	70
10.7.2	Característiques de la turbina.....	70
10.7.3	Característiques del generador	70
10.7.4	Característiques de la torre de refrigeració i condensació.....	71
10.8	Gas Propà (GLP)	71
10.8.1	Característiques del motor de combustió.....	71
10.8.2	Característiques del cremador	71
10.9	Gràfics viabilitat econòmica.....	72
10.9.1	Fuel Oil.....	72
10.9.2	Gas Natural Liquat (GNL)	73
10.9.3	Biomassa	74
10.9.4	Gas Propà (GLP)	76

3. GLOSSARI

- **Cogeneració**, és un sistema d'alta eficiència energètica basat en la producció simultània d'energia tèrmica i energia elèctrica a partir de l'energia primària continguda en un combustible.
- **Condicions estàndard**, són les condicions de pressió i temperatura (abreviat CEPT) que regeixen al lloc de l'experiment, aquestes són: Pressió = 1atm. i Temperatura = 25°C.
- **Condicions normals**, són les condicions de pressió i temperatura, segons la IUPAC, de Pressió = 1atm. i Temperatura = 0°C.
- **Cracking catalític**, és el procés de refinació del petroli amb catalitzador per tal de separar els hidrocarburs pesats (Gas Oil, Fuel Oil) dels hidrocarburs lleugers (Gas Propà, Gas Butà...)
- **Cremador**, dispositiu per cremar combustible líquid o gasós que produeix calor mitjançant una flama. Habitualment va associat a una caldera o simplement per escalfar qualsevol substància.
- **Dipòsits criogènics**, conjunt format per suports, tubs, vàlvules, manòmetres, aïllant ... Per emmagatzemar líquid criogènic. Estan formats per dos dipòsits, un dins de l'altre completament aïllat tèrmicament. El dipòsit interior està format d'acer inoxidable austenític, i entre els dos dipòsits hi ha un fort aïllant tèrmic. Mentre que la superfície exterior està protegida amb dues capes de pintura, una d'alt poder anticorrosiu i l'altra de poliuretà de color blanc reflectant.
- **Distància de seguretat**, és la distància mínima que ha d'existir entre dos elements que es volen protegir d'una influència perillosa.
- **Eficiència energètica**, és la relació entre els productes o serveis finals obtinguts i energia consumida, també es considera una pràctica que té com a objectiu reduir el consum d'energia.
- **Flux de tresoreria**, són els fluxos d'entrades i sortides de caixa o efectiu en un període establert, en el qual mitjançant mètodes econòmics se'n poden extreure conclusions de viabilitat econòmica de la inversió.
- **Fuel Oil**, és un combustible obtingut a partir de productes residuals dels processos de refinació del petroli cru, s'utilitza com a combustible en plantes de generació d'energia elèctrica, calderes, forns ...
- **Gasos liquats del petroli (GLP)**, és una mescla d'hidrocarburs de petroli que es troben en estat gasós a la temperatura i pressió ambiental, però tenen una gran

facilitat per liquidar-se si es col·loquen en recipients tancats a temperatura ambient. Més aviat, es pot dir que són una mescla de Gas Propà i gas butà.

- **Grau de gasificació (GG)**, és la previsió de la potència de disseny de la instal·lació individual referida al Poder Calorífic.
- **Graus-dia (Gd)**, índex estadístic del consum d'una instal·lació d'una localitat, en funció del temps climatològic que ha fet anteriorment.
- **IUPAC**, és una nomenclatura química per tal de què la persona que realitzi un experiment no tingui cap dubte sobre el compost químic amb el qual s'està tractant.
- **Líquid criogènic**, aquell que té una temperatura d'ebullició inferior a -40°C a pressió atmosfèrica ($P_{\text{atm}} = 1\text{atm}$). En el cas del Gas Natural, el punt d'ebullició és de -161°C .
- **Màquina de Carnot**, és una màquina tèrmica ideal considerada com el procés més eficaç per produir treball a partir de dos focus de temperatura.
- **Micro-cogeneració (Micro CHP)**, la directiva Europea sobre Cogeneració defineix la Micro CHP com aquells equips amb una potència inferior als 50 kW que produeixen simultàniament calor i electricitat.
- **Motor de combustió externa**, motor tèrmic que produeix energia mecànica a partir d'energia tèrmica generada a l'exterior del mateix. Per exemple, màquina de vapor, motor Stirling ...
- **Motor de combustió interna**, motor tèrmic que produeix energia mecànica a partir d'energia tèrmica generada a l'interior del mateix. Per exemple, el motor de gasolina, motor Diesel ...
- **Motor tèrmic**, motor que utilitza energia tèrmica per produir energia mecànica.
- **Període de retorn (Payback)**, temps que transcorre un cop feta una inversió fins que s'amortitza aquesta inversió, i a partir d'aquest punt el flux de tresoreria acumulat és positiu.
- **Pellet**, producte totalment natural de biomassa sòlida, el qual és proporcionat mitjançant cilindres molt petits d'uns pocs mil·límetres de diàmetre. Elaborats de serradures naturals i sent compactats per tenir una composició més densa i dura.
- **Pes específic**, és la relació existent entre el pes d'una substància i el volum que ocupa. (N/m^3)
- **Poder calorífic inferior (P.C.I)**, és la quantitat d'energia que una unitat de massa desprèn quan es produeix una reacció d'oxidació, és a dir, la calor que es desprèn

durant la combustió. Al poder calorífic inferior no s'aprofita l'energia que es desprèn per condensació de l'aigua, per tant, si la caldera no és de condensació, s'ha de calcular el poder calorífic amb el P.C.I.

- **Poder calorífic superior (P.C.S)**, és la quantitat d'energia que una unitat de massa desprèn quan es produeix una reacció d'oxidació, és a dir, la calor que es desprèn durant la combustió. Al poder calorífic superior s'aprofita l'energia que es desprèn per condensació de l'aigua, per tant, si la caldera és de condensació, s'ha de calcular el poder calorífic amb el P.C.S.
- **Potència de disseny**, és la potència màxima simultània requerida pel sistema a satisfer.
- **Regasificació**, és imprescindible dins de la cadena del Gas Natural Liquef, ja que fa possible el pas de líquid a gas mitjançant l'aplicació de calor.
- **Taxa Interna de Retorn (TIR)**, també coneguda com a taxa interna de rendibilitat, és la mitjana geomètrica dels rendiments futurs esperats d'una inversió.
- **Trommel**, cilindre de grans dimensions per on entra l'alfals per un costat, i va recorrent tot el cilindre gràcies a la rotació d'aquest cilindre i la injecció d'un flux d'aire calent en sentit favorable.
- **Valor Actual Net (VAN)**, també conegut com a valor actualitzat net, és un procediment que permet calcular el valor present d'un determinat nombre de fluxos de caixa futurs originats per una inversió.

4. PREFACI

4.1. Origen del Treball

Tenint la necessitat de satisfer la demanda energètica d'una planta industrial agroalimentària, es vol estudiar quin és el seu sistema per fer front a l'elevada demanda energètica, i si es pot, estudiar la viabilitat d'una millora en el sistema, contemplant la gran diversitat d'alternatives presents avui en dia.

4.2. Motivació

Arran de que la maquinària del sector industrial sempre m'ha cridat l'atenció i tenint arrels familiars al sector agrari, m'he plantejat el repte d'estudiar energèticament una planta industrial agroalimentària, de manera que aprengui quines són les opcions més rendibles per satisfer energèticament una planta industrial de grans dimensions. Primer de tot, realitzant una anàlisi de quina és la situació de partida, és a dir, quines són les seves instal·lacions tèrmiques i elèctriques actuals, poder realitzar un estudi comparatiu proposant una sèrie d'alternatives a la situació actual. I finalment, arribar a una conclusió de com es duria a terme aquesta alternativa i quina viabilitat té en un futur.

Crec que en el món actual hi ha molts canvis i innovacions que la majoria de vegades no en som conscients, per exemple, com està evolucionant el sector energètic respecte a una gran varietat d'alternatives innovadores per tal de millorar tot el vist fins al moment.

4.3. Requeriments previs

Els coneixements bàsics de química, física i termodinàmica seran de gran ajuda a l'hora de dur a terme aquest projecte. També en tractar-se d'un estudi comparatiu entre diverses alternatives de satisfacció energètica, és convenient tenir petites nocions d'economia per tal de realitzar els estudis econòmics i estudiar la viabilitat de la nova instal·lació. A part, també es recomana tenir coneixements d'enginyeria, ja que el treball està enfocat des d'aquest punt de vista tècnic i d'enginyeria.

A més a més, es té la possibilitat d'estudiar una planta industrial que es pot visitar per tal de poder profunditzar més en l'estudi.

5. INTRODUCCIÓ

5.1 Objectius del Treball

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar i analitzar quina és la manera més rendible de dur a terme l'activitat industrial de la planta estudiada, en referència a la instal·lació energètica actual.

D'aquesta manera, s'assoliran uns coneixements específics de cada alternativa proposada a la planta, i això ens permetrà donar una visió general més tècnica. Com per exemple, la descripció d'una instal·lació, la seva normativa, les seves característiques, etc.

També s'aprofitarà per visitar en primera persona una planta industrial agroalimentària de grans dimensions i poder apropar-nos al futur món laboral que ens espera.

A part, es farà una breu introducció de la matèria primera amb què treballa la planta industrial (en aquest cas l'alfals), ja que així ens donarà una idea de perquè es necessita tanta demanda energètica.

5.2 Abast del Treball

De primeres, s'analitzarà quina és la situació de partida i es veurà si aquesta és realment òptima o no. De tal manera que es compararà amb tres alternatives més per tal de poder trobar la solució òptima. Per tant, un cop es sàpiga d'on es parteix, s'estudiaran exhaustivament les millors alternatives d'avui en dia al nostre abast.

Quan es tinguin els seus pros, contres, característiques, normativa a complir i com seria la instal·lació de cada alternativa, per finalitzar, es realitzarà un estudi de viabilitat econòmica per veure quina seria l'opció més atractiva econòmicament parlant.

Com ja he comentat anteriorment, la idea d'aquest projecte és arribar allà on l'empresa no pot arribar per falta de temps i per poder-los-hi plantejar diferents maneres de satisfer eficientment la seva demanda energètica. I per tant, podria ser una possible inversió en un futur.

6. MEMÒRIA

6.1. Presentació de la planta

6.1.1 Contextualització geogràfica i institucional.

El projecte escollit per realitzar aquest estudi és una planta industrial agroalimentària ubicada a Bujaraloz, municipi de la província de Saragossa de la comunitat autònoma d'Aragó (Espanya).

Està dins del perímetre d'una parcel·la de propietat de la Corporació Alimentària de Guissona S.A, situada al polígon industrial de Bujaraloz, a les parcel·les nº 60 i 17 dels polígons 45 i 17, respectivament.

La Corporació Alimentària de Guissona S.A., constituïda l'any 1999, agrupa totes les activitats industrials i comercials del Grup Alimentari Guissona. La Corporació realitza la producció i subministrament de pinsos, la fabricació de medicaments i fitosanitaris, els serveis d'assistència veterinària i el servei tècnic per a explotacions ramaderes. De la mateixa manera, mitjançant el Complex Carni "La Closa" situat a Guissona, la Corporació realitza tota la transformació càrnia (escorxadors, fàbriques d'elaborats ...). Finalment, es duu a terme la comercialització dels productes carnis mitjançant els establiments "Bon Àrea" que arriben al consumidor final sense intermediaris.



Figura 1. Corporació Alimentària de Guissona S.A.

La Corporació compta amb el Certificat de Qualitat ISO 9001, el Certificat ISO 22000 que garanteix que els productes carnis que produeix i comercialitza són 100% de qualitat, i també amb el nou Certificat ISO 14001 de Gestió Ambiental.

6.1.2 Descripció constructiva i superfícies

L'extensió de la planta industrial mesura 75 m de llarg i 15 m d'amplada, ocupant una superfície edificable d'aproximadament 1.100 m². L'estructura de la fàbrica és totalment metàl·lica, tot i tenir 3 m de fonaments de formigó per poder suportar tota l'estructura.

La fàbrica té una capacitat de producció de 90 TN/h de pinso, constituïda per tres línies completament independents de 30 TN/h cadascuna, que són línia avícola, per a mamífers i per a remugants.

6.1.3. Producte de fabricació: ALFALS

L'alfals pertany a la família de les lleguminoses i va ser introduïda a l'època dels àrabs. El seu nom científic és "*Medicago Sativa*" i es tracta d'una planta perenne, vivaç i de port erecte.

L'estructura de la planta d'alfals és la següent:

- **Arrel:** l'arrel principal és pivotant i robusta amb vàries arrels secundàries. (5 m)
- **Tiges:** són primes, erectes i molt consistents per suportar el pes de les fulles.
- **Fulles:** són trifoliades amb els marges llisos i les vores superiors lleugerament dentades.
- **Flors:** pertanyen a la subfamília "*Papilionoidea*", són de color blau o púrpura.
- **Fruit:** és un llegum sense espines que conté entre 2 i 6 llavors groguenques.



Figura 2. Estructura de una planta d'alfals.

Actualment, la comunitat autònoma més productiva d'aquest producte és Aragó, amb un 55,32% de tota la producció d'alfals deshidratat a Espanya. Això és degut al fet que l'ecosistema ideal per aquest farratge és poc exigent amb el clima, tot i que és imprescindible tenir una explotació de regadiu, i respecte als sòls es prefereixen els de naturalesa calcària, sent incompatible amb els sòls àcids.

Comunitat Autònoma	Nº d'indústries	Producció d'alfals deshidratat (TN)	Has Contractades	Percentatge (%)
Andalusia	3	54.386	4.568	3,7 %
Aragó	34	813.075	70.224	55,32 %
Balears	1	1.500	150	0,001 %
Castella - la Manxa	6	50.091	4.547	3,4 %
Castella i Lleó	11	137.645	30.871	9,36 %
Catalunya	11	332.145	23.875	22,59 %
Extremadura	1	6.246	450	0,004 %
Navarra	4	74.673	6.326	0,05 %
Totals	71	1.469.761	141.011	-

Taula 1. Distribució de la producció d'alfals a l'Estat Espanyol.

L'alfals és un cultiu que si es conrea de manera intensiva, es pot aconseguir uns rendiments entre 13 i 15 TN per Hectàrea al 12% d'humitat, sent molt estable la producció al llarg dels anys. A més a més, és un cultiu molt poc vulnerable pel que fa a les plagues i les malalties.

Aquest cultiu té una permanència d'uns cinc anys sent en el segon i tercer any els de rendiments màxims. La sembra de l'alfals, es porta a terme dos cops a l'any, el 51% a la tardor i el 49% a la primavera, utilitzant unes dosis de 30-35 kg/ha. També, al ser una planta poc exigent al manteniment, únicament cal adobar-la aportant-li fòsfor i potassi, sense la necessitat d'aportar-li nitrogen.

Les tasques de recol·lecció són les següents:

- **La sega**, es sol fer cada 30-35 dies aconseguint 5 o 6 segues anuals, intentant buscar el moment en què un 10% de les plantes es troben en floració, ja que és aquí quan s'aconsegueix el major equilibri entre quantitat i qualitat.
- **Voltejat i afilerat**, es duu a terme 24 h després de la sega amb la finalitat de què quan el producte es reculli, la humitat sigui el més homogènia possible.



Figura 3. Voltejat i afilerat de l'alfals.

- **Preassecat al mateix camp**, (hores entre la sega i la recollida) és variable segons el destí del producte. En el cas d'anar a la deshidratació aquest període de temps serà de 48 h, en canvi, si el destí és l'empaquetament per rama, aquest període serà de 5 o 6 dies.
- **Recollida**, és variable segons el destí del producte, ja que si l'alfals va a la indústria deshidratadora s'utilitza una picadora que trosseja l'alfals afilant-lo. En canvi, si s'empaca, s'utilitza l'empacadora que instantàniament treu les paques en forma rectangular o circular.



Figura 4. Recol·lecció de l'alfals.

6.1.4. Procés de deshidratació de l'alfals

Un cop tenim l'alfals recol·lectat amb un 35% d'humitat més o menys, després d'haver-lo deixat assecat-se al camp unes 48 h a l'estiu, es trasllada a la fàbrica per tal de continuar amb la deshidratació. Quan arriba l'alfals a la fàbrica, s'amuntega per separat segons el proveïdor, ja que cada alfals té la seva respectiva humitat.



Figura 5. Muntanyes d'alfals acumulades a la fàbrica.

Quan l'alfals té la humitat adequada, és a dir, amb un valor òptim del 35% d'humitat aproximadament, s'aboca a una cinta elevadora que transporta l'alfals en direcció al cremador i al Trommel on es durà a terme el procés de deshidratació de l'alfals.



Figura 6. Cinta elevadora.

Quan l'alfals entra dins la fàbrica, es fa passar per un conducte anomenat "Trommel" on hi ha un flux d'aire calent d'uns 300 °C provinent d'un cremador i un forn de combustió, per tal d'assecar l'alfals i obtenir-lo amb un 12-15% d'humitat.



Figura 7. Trommel fet girar per un motor elèctric.



Figura 8. Trommel.

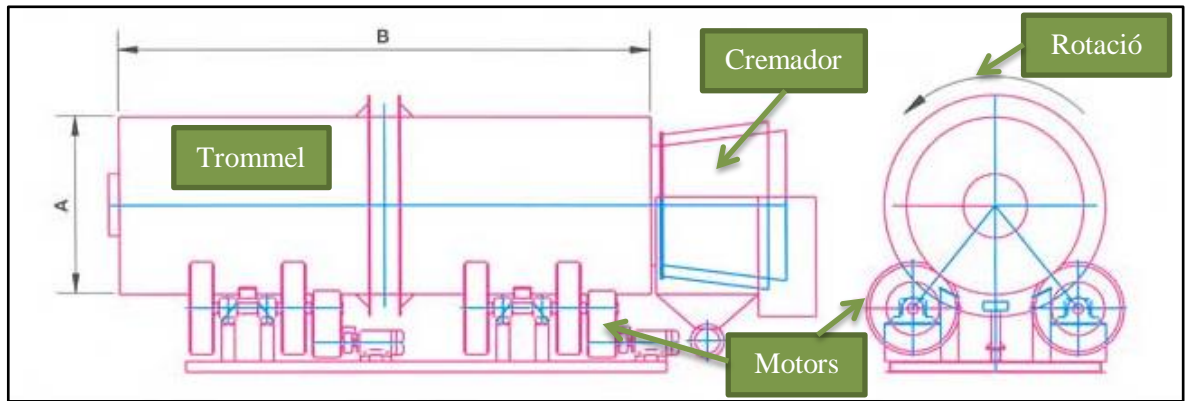


Figura 9. Esquema d'un Trommel.

Un cop l'alfals arriba al costat contrari per on havia entrat al Trommel, hi ha un sistema d'aspiració per extreure l'alfals del Trommel, on aquest alfals sec s'empaqueta en dues empacadores que treuen el producte final. No cal dir, que en les diverses estacions estudiades hi ha un sistema de seguretat i de qualitat per garantir que el procés és estable i correcte complint les especificacions establertes, com per exemple, hi ha uns sensors que penetren la paca d'alfals i mesuren la humitat. Si la humitat dona un valor mitjà d'entre 12% i 15% el producte és vàlid, si la humitat és superior al 15% es bloqueja el producte com a rebutjat, i si la humitat és inferior a 12% s'està perdent rendibilitat de l'activitat, ja que s'està perdent massa de producte.

L'alfals bloquejat per tenir una humitat superior al 15% d'humitat es fa una valoració depenent la quantitat bloquejada, ja que si hi ha molta producció bloquejada, es tornaria a fer passar pel Tommel amb els paràmetres de la màquina modificats.



Figura 10. Empacadores d'alfals.

Per finalitzar l'explicació de com es deshidrata l'alfals, es mostra a continuació la figura 11, que il·lustra tot el complex de la deshidratadora, on es poden apreciar les muntanyes

d'alfals, la xemeneia dels gasos del Trommel, la xemeneia del motor Ruston de producció d'energia elèctrica i la sortida de l'alfals empaquetat a les dues empacadores. Les paques d'alfals produïdes s'emmagatzemen als coberts de la mateixa superfície, a l'espera de la seva distribució.



Figura 11. Complex de la deshidratadora d'alfals.

6.1.5. Productes finals de l'alfals

Com s'ha comentat anteriorment, hi ha dos possibilitats de destí pel cultiu, ja que es pot empaquetar o es pot granular. Les paques acostumen a ser d'uns 700-800 kg, i l'alfaló granulat s'ha d'hagut de moldre per obtenir diàmetres entre 5 i 13 mm, al mateix temps que si es vol, es pot mesclar amb granulat de gramínies. Particularment, en la fàbrica de Bujaraloz es realitza granulat d'alfals.



Figura 12. Paca d'alfals.



Figura 13. Granulat de l'alfals.

6.1.6. Procés de fabricació del pinso

El procés de fabricació del pinso es pot ramificar en quatre etapes:

- Recepció de matèria primera

Es duu a terme mitjançant dues tremuges en les quals entra matèria primera en forma de gra o farina. Un cop rebuda la matèria primera, es enviada a la zona de dosificació mitjançant uns elevadors. Aquests eleven la matèria primera fins dalt de la fàbrica, uns 50 m, ja que així en els següents processos, la matèria primera cau per l'acció de la gravetat.



Figura 14. Elevadors de matèria primera.

- Dosificació del producte

En la zona de dosificació, es disposa de 34 sitges de recepció de matèria primera, la capacitat de matèria primera en aquesta zona és de 5.515 m³ que representen unes 3.300 TN, que dóna una autonomia de 36 hores treballant a 90 TN/h.

Hi ha unes rosques que s'encarreguen de dosificar la matèria primera que es té a les sitges, per tal d'obtenir una mescla de diferents matèries primeres, que seguidament es transformarà en el producte final.

La distribució de les 34 sitges és:

- 4 sitges de 5 m x 5 m
- 8 sitges de 5 m x 2,5 m
- 10 sitges de 2,5 m x 2,5 m
- 12 sitges de 1,25 m x 2,5 m



Figura 15. Rosques de dosificació.

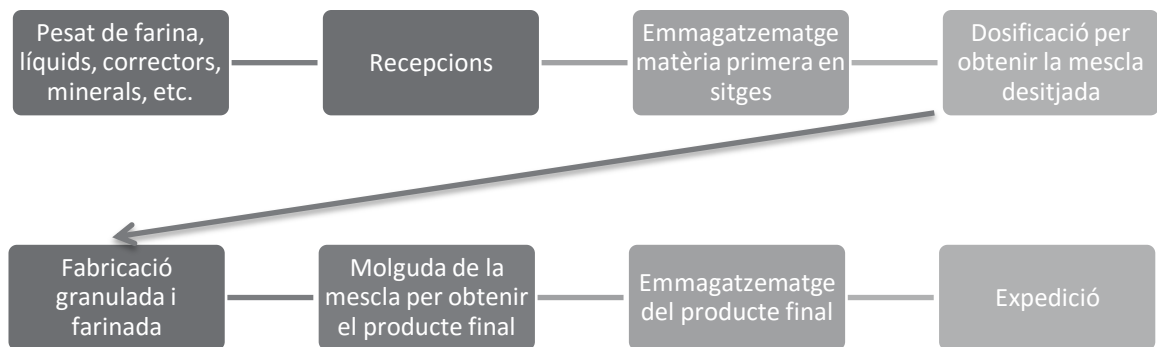
Sota les sitges de matèria primera hi ha un sistema d'extracció per controlar i pesar la quantitat exacta del producte que s'extreu per dur-lo a la línia de producció.



Figura 16. Sistema d'extracció del producte.

- Fabricació del producte

Un cop s'envia el producte a les línies de producció, se segueix el següent diagrama.



La mescla obtinguda a la dosificació que conté la quantitat exacta de cada matèria primera per tal de poder fer el pinso (producte final) desitjat, s'ha de moldre i fer passar el producte resultant per unes matrius circulars per obtenir el pinso. Aquestes matrius poden tenir orificis de diferents diàmetres per on passa el producte que es talla amb unes fulles afilades a la longitud especificada pel client.

Les longituds i diàmetres del granulat de pinso varien segons quin és l'animal que s'alimentarà d'ell, per exemple, poden haver-hi diàmetres de 3 mm a 6 mm i longituds d'1 cm a 3 cm.



Figura 17. Línies de producció. (tres)

- Emmagatzematge del producte

Per finalitzar, es transporta el producte mitjançant uns elevadors on es procedeix al filtratge del pinso i posteriorment es pesa el producte per controlar el rendiment de la producció.



Figura 18. Cubell de pinso.



Figura 19 Canalització d'extracció de pols.

En l'expedició, existeix un sistema de transport mecanitzat on es realitza l'últim filtratge del pinso. Aquest transport posseeix un sistema d'injecció de medicament líquid incorporat per si s'escau al producte final.

A més a més, la fàbrica està dotada d'un sistema d'extracció de pols com el de la figura 19. Això és degut al fet que aquestes fàbriques de pinso tenen un alt risc d'explosió i incendi per la quantitat de pols i aire que pot sortir d'alguna fuga.

6.1.7. Demanda energètica

Primer de tot, s'ha de conèixer quins són els consums a satisfer de la planta i d'on prové cada consum, ja que així es podrà analitzar de manera estratificada i veure quin consum es podria optimitzar energèticament. A continuació, es facilitaran els consums del mes d'agost de l'any 2014.

A la taula 2 es poden veure els *consums elèctrics* de la fàbrica de Bujaraloz:

Element consumidor	Lectura anterior (kWh)	Lectura actual (kWh)	Consum (kWh)
Deshidratadora	19.380.660	19.447.940	67.280
Molins alfals i palla	2.137.821	2.154.198	16.377
Transformador 1	7.018.546	7.115.026	80.103
Transformador 2	6.679.420	6.761.808	82.388
Transformador 3	7.275.038	7.423.641	148.603
Oficines	-	-	38.209
Total	-	-	432.960

* Aquests consums pertanyen al mes d'agost de l'any 2014. Cal dir que hi ha elements consumidors que el seu consum és variable al llarg de l'any.

Taula 2. Consums d'electricitat dels elements consumidors de la planta agroalimentària.

A continuació, s'il·lustra a la taula 3 els *consums tèrmics de Fuel Oil* de la fàbrica de Bujaraloz:

Element consumidor	Consum (L)
Deshidratadora	29.804
Consum Ruston	155.967
Total	185.771

* Aquests consums pertanyen al mes d'agost de l'any 2014. Cal dir que hi ha elements consumidors que el seu consum és variable al llarg de l'any.

Taula 3. Consums de Fuel Oil dels elements consumidors de la planta agroalimentària.

Com s'ha explicat a l'apartat 6.1.4, dins la planta industrial hi ha la fàbrica de pinso que és alimentada mitjançant el motor Ruston de generació d'energia elèctrica, i la planta deshidratadora formada pel cremador del Trommel i el motor Ruston. Per tal de veure quin és el consum de cada component de la planta deshidratadora, s'ha construït la taula següent on es pot veure quina és la quantitat d'energia requerida (kWh) per poder deshidratar una tona (TN) d'alfals.

A la taula 4 s'indica el rati anual de consum energètic (kWh/TN) de cada element consumidor tenint en compte que, s'ha de poder deshidratar 1 TN d'alfals amb 40% d'humitat fins a 12-15% d'humitat.

Element consumidor	Rati anual (kWh/TN)
Cremador Fuel	315
Gasos motor Ruston (cogeneració)	110
Electricitat	40
Total energia consumida	465

* Aquests ratis aproximats són de l'any 2014.

Taula 4. Ratis del consum energètic dels elements consumidors de la deshidratadora.

6.1.8. Costos (mensuals – anuals)

Com que no es té informació privada de la planta sobre els costos que tenen, a continuació es realitzaran uns càlculs estimats per esbrinar quins són aquests costos i poder veure la possible optimització. Però sí que se sap que la deshidratadora només s'utilitza durant 7 mesos a l'any, exactament en aquells mesos en què es fa la recol·lecció del cultiu. Aquests mesos són: Abril, Maig, Juny, Juliol, Agost, Setembre, Octubre i Novembre.

Tenint en compte que el motor Ruston ha de satisfer uns 2.500 kW en els pics més alts de demanda energètica, l'energia restant es retorna a la xarxa elèctrica com s'indica en el proper apartat 6.2.

L'energia elèctrica restant que es retorna a la xarxa elèctrica ho fa amb un preu unitari aproximat de **0,034092 €/kWh**, el qual es variable al llarg de l'any.

Observant l'històric dels mesos Març 2015 – Agost 2015 de la matèria primera del Fuel Oil de la figura següent:

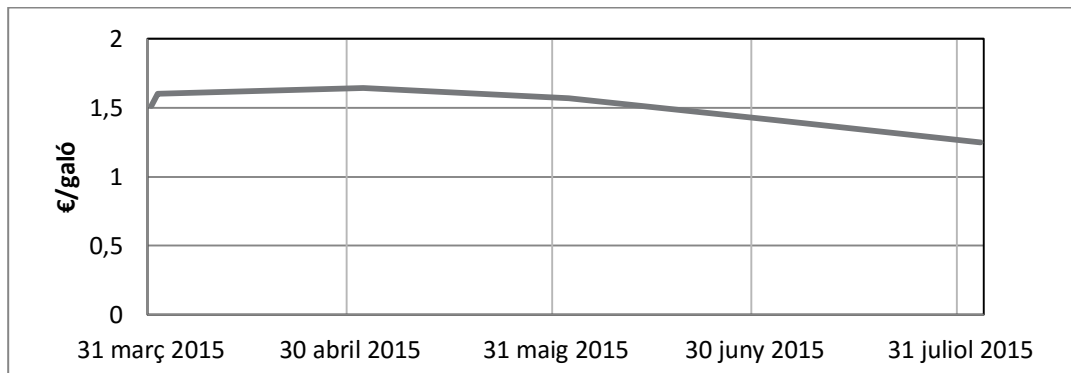


Figura 20. Preu unitari €/galó del Fuel Oil dels mesos de Març - Agost de l'any 2015.

Es pot extreure que el preu mitjà unitari és de 1,49 €/galó. (Preu utilitzat en l'annex per calcular el cost energètic respectiu del Fuel Oil)

Realitzant els càlculs pertinents en l'Annex apartat 10.2 s'obté un consum mensual de **73.227,19 €/mes**. I extrapolant aquest consum mensual al cap de vuit mesos de producció d'alfals al llarg de l'any, el consum anual és de **585.818 €/any**.

Una observació a tenir en compte, és que el motor Ruston ha d'estar en funcionament tot l'any hi hagi o no producció d'alfals, ja que tot el complex de la planta continua la seva activitat, específicament les oficines i la fàbrica de pinso.

Per agilitzar l'estudi, només es tindrà en compte el cost del consum durant els vuit mesos de producció d'alfals al llarg de l'any, ja que és quan més demanda energètica hi ha.

6.2 Anàlisi de la instal·lació elèctrica

Per altra banda, s'ha de tenir en compte quina és la potència instantània que necessita cada element consumidor per donar abast a les necessitats de la fàbrica. Tenint la fàbrica situada en un entorn secà, la màxima potència elèctrica que es pot contractar directament a la companyia del subministrament elèctric és d'uns 1.000 kW de potència. Tenint en compte que la deshidratadora ("Trommel") pot arribar a necessitar una demanda d'uns 2.000 i escaig kW de potència, es veu clarament que és imprescindible buscar una alternativa per poder satisfer la demanda elèctrica.

Aquesta alternativa, és utilitzar un motor de generació d'energia elèctrica a partir d'un altre combustible que es pugui adquirir amb facilitat. Aquest motor, és un motor "Ruston" que utilitza Fuel Oil com a combustible i transforma l'energia calorífica que es genera a la combustió interna del Fuel Oil en energia elèctrica per donar l'abast a tota la fàbrica.



Figura 21. Motor Ruston encarregat de generar energia elèctrica.

Cal tenir en compte, que la demanda elèctrica no sempre és la mateixa consigna, ja que depenent de quina és la humitat que té l'alfals que entra en el Trommel i es vol assecar, es necessitarà més o menys energia. Per tant, sempre hi haurà un marge de potència generada que es tornarà a la xarxa de subministrament elèctric al preu que marca la companyia. Normalment, aquest marge està entre uns 300 kW i 800 kW, per tant per satisfer la deshidratadora i tot el complex d'oficines, fàbrica i il·luminació, el motor acostuma a generar uns 2.500 kW de potència.

6.3 Anàlisi de la instal·lació tèrmica

A més del consum de Fuel Oil al motor Ruston, hi ha un altre dispositiu on es consumeix aquest combustible, que és el Trommel. Com s'ha comentat, al Trommel hi ha un cremador que escalfa el flux d'aire calent a uns 300°C. Aquest cremador està connectat a un dipòsit d'uns 1000 L de Fuel Oil com es mostra a la figura 22.



Figura 22. Dipòsit d'emmagatzematge de Fuel Oil pel cremador.



Figura 23. Cremador del Trommel.

A part de l'entrada directa de combustible, la instal·lació tèrmica del Trommel, també consta d'un sistema de cogeneració on s'aprofita l'energia calorífica dels gasos d'escapament del motor Ruston per aportar energia calorífica a la sortida del cremador i entrada del Trommel. Aquests gasos d'escapament són sotmesos a un filtratge per tal de minimitzar la concentració de partícules tòxiques dels gasos.

Aquest sistema de cogeneració va ser implantat l'any 2009 per tal d'optimitzar el rendiment energètic de la deshidratadora, instal·lant un generador piro-tubular de vapor que consisteix a recuperar la calor provinent dels gasos d'escapament del motor Ruston de combustió. Aquest generador consta d'un economitzador que bàsicament és un intercanviador de calor gasos – aigua que consta de dos circuits tancats, un circuit d'aigua a contracorrent d'un circuit de gasos.

A més a més, consta d'una xemeneia amb una sortida de gasos a una temperatura de 143°C, un diàmetre interior de 1.400 mm i una velocitat de 6,82 m/s. Realitzant el càlcul per trobar quina és l'altura mínima de la xemeneia ens surt 9,22 m, tot i que es va construir amb una altura de 14 m.



Figura 24. Entrada dels gasos d'escapament a la sortida del cremador.

Aquest sistema d'aprofitament de gasos, estalvia uns 4.500 € aproximadament als mesos de màxima deshidratació.

6.4 Combustibles candidats

Actualment, a la planta industrial s'utilitza un motor de marca Ruston, el qual té la funció de satisfer tota la demanda elèctrica de la fàbrica i part de la tèrmica. Degut a la gran varietat de maneres que hi ha avui en dia de generar energia elèctrica, es mostrarà quins són els avantatges i desavantatges de la instal·lació actual, i quines alternatives a aquesta instal·lació es podrien implantar en aquesta planta.

Cal tenir en compte, que la instal·lació actual amb el Motor Ruston està força optimitzada en referència a l'aprofitament dels gasos d'escapament del motor per tal d'aportar energia calorífica al cremador del Tommel. Per tant, les alternatives romandran envers quin combustible és el més adequat des del punt de vista de l'eficiència, tenint en compte aquestes quatre opcions: Fuel Oil, Gas Natural, Biomassa i Gas Propà.

A continuació, es realitzarà una comparació dels 3 combustibles candidats, obtenint el preu per kWh aproximat de cada combustible sense tenir en compte el tipus de caldera (rendiment, inversió inicial ...) ni el transport a la mateixa planta, únicament el preu d'adquisició del combustible.

6.4.1 Fuel Oil

És el combustible que actualment s'està utilitzant a la planta com s'ha explicat anteriorment. És el producte que s'obté a la primera refinació del petroli, com es pot apreciar a la Figura 25.

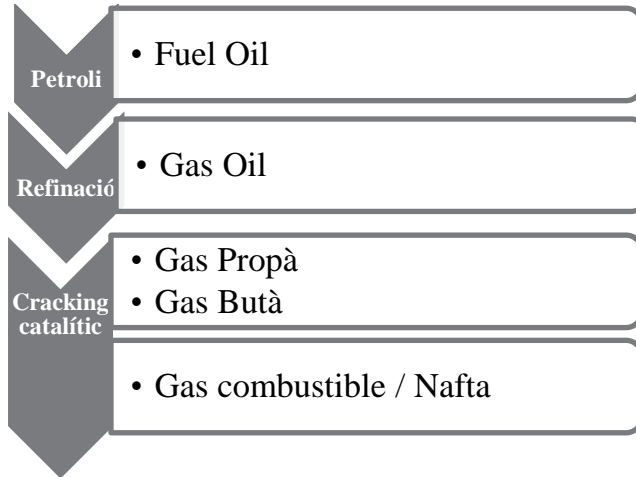


Figura 25. Diagrama del procés de refinació del petroli.

Avantatges

Els avantatges d'utilitzar un motor amb combustible Fuel Oil són:

- Elevat poder calorífic (PCI=40.946 kJ/kg)
- Fàcil disgregació amb gotes fines
- Crema amb una flama neta i radiant
- Baix nivell d'aigua (evitant problemes al cremador i als filtres)
- Degradació lenta

Desavantatges

Els desavantatges d'utilitzar un motor amb combustible Fuel Oil són:

- Baixa solubilitat amb aigua
- Gran dificultat de neteja per la seva elevada viscositat i adherència
- Poca capacitat de dispersió
- Contaminació a llarg termini de sediments
- Forta contaminació en zona intermareal

Cost energètic del Fuel Oil

A partir de les dades obtingudes de l'evolució del preu al llarg dels mesos Març 2015 – Agost 2015, i realitzant els càlculs pertinents en l'Annex apartat 10.1.1 s'obté un cost energètic orientatiu de **0,03684 €/kWh**.

6.4.2 Gas Natural

Particularment, aquest és un combustible amb molt bones propietats i amb una composició del 95% de metà, però cal tenir en compte que no hi ha xarxa de subministrament a tot el territori. En aquest cas, no hi ha xarxa de subministrament i no es poden beneficiar d'aquest combustible, però hi ha una solució a aquest problema, ja que existeixen plantes satèl·lit de Gas Natural Liquat (GNL) on es transporta el combustible en estat líquid a unes condicions determinades de temperatura i pressió a un dipòsit criogènic. Seguidament mitjançant una sèrie de mecanismes es converteix en gas, el qual se'n pot fer ús.

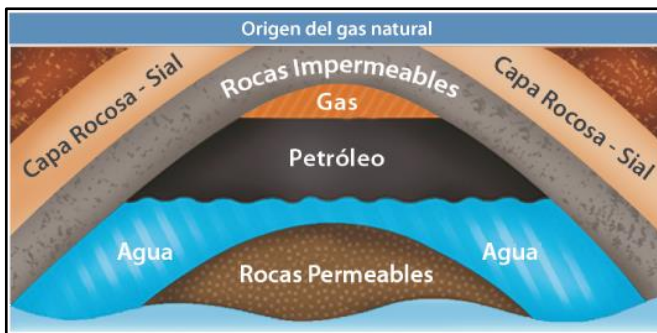
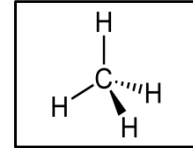


Figura 26. Origen del Gas Natural font extreta del Organisme Supervisor de la Inversió en Energia i Minería. (Osinermin)

Avantatges del Gas Natural

- Rendible
- Baixes emissions de CO₂ a la combustió
- Fiable
- Eficient
- Disponibilitat assegurada

Desavantatges del Gas Natural

- Font d'energia no renovable
- Emissions de metà
- Efecte hivernacle
- Dificil emmagatzematge si no hi ha xarxa de subministrament

Cost energètic del Gas Natural

A partir de les dades obtingudes a través del proveïdor de Gas Natural Liquat HAM-GL, i realitzant els càlculs pertinents en l'Annex apartat 10.1.2 s'obté un cost energètic orientatiu de **0,03428 €/kWh**.

6.4.3 Biomassa

La biomassa és un residu de caràcter orgànic considerat com un combustible renovable. Hi ha tres tipus de biomassa segons el seu origen, l'origen natural seria la que es produeix a la natura sense intervenció humana. La biomassa d'origen residual és aquella que prové de residus agrícoles, ramaders i industrials, i el tercer tipus de biomassa, és el procedent de les urbanitzacions anomenada biomassa residual.

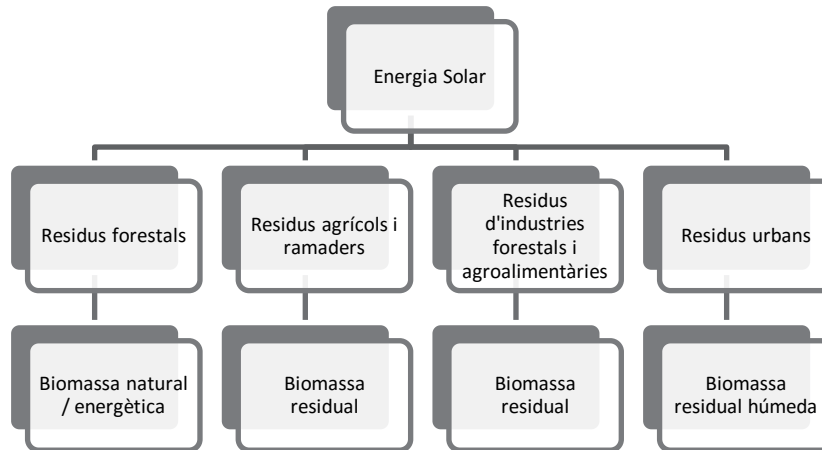


Figura 28. Diagrama de l'Origen de la Biomassa.

També s'ha de saber, que hi ha diversos tipus de biomassa natural sòlida. Al nostre cas, a causa de l'elevada demanda energètica s'utilitzarà l'estella, ja que es pot aconseguir fàcilment sempre que es tingui una font d'energia renovable propera a la planta.

Avantatges de la Biomassa

- Font d'energia renovable
- Més econòmica que els derivats del petroli
- Afavoreix el reciclatge de residus forestals, naturals i urbans
- Té molt menys impacte mediambiental
- Facilitat per aconseguir subvencions
- Ajuda a evitar incendis forestals

Desavantatges de la Biomassa

- Menor densitat energètica que altres combustibles fòssils (requereix un elevat volum d'emmagatzematge)
- És necessari tenir un contingut baix d'humitat (assecat)
- Sistemes d'alimentació més complexos
- Vies de subministraments poc desenvolupades
- Menor rendiment energètic

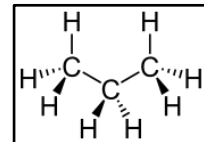
Cost energètic de la Biomassa

Considerant que hi ha molts tipus de biomassa, s'ha escollit que s'utilitzarà la biomassa de pellets perquè és el tipus que té un poder calorífic inferior més alt, ja que prèviament ha estat compactat i és més dens.

A partir de les dades orientatives de la biomassa del mercat actual, i realitzant els càlculs pertinents en l'Annex apartat 10.1.3 s'obté un cost energètic orientatiu de **0,04716 €/kWh**.

6.4.4 Gas Liquat del Petroli (Gas Propà)

El Gas Propà és un gas liquat del petroli (GLP) de la família dels hidrocarburs combustibles que en condicions estàndard es troba en estat gasós i té unes característiques molt similars a les del gas butà. De fet, la seva comercialització sol ser una mescla d'un 80% de Gas Propà i un 20% de gas butà, depenent de la zona geogràfica. Però el principal avantatge del Gas Propà respecte al gas butà, és que el propà té el punt d'ebullició als -42°C i el butà als 0°C , cosa que per sota d'aquestes temperatures el combustible es trobaria en estat líquid. Per tant, als llocs més freds, on hi ha temperatures extremes, s'aconsella utilitzar Gas Propà, ja que no seria necessari aplicar-hi una aportació de calor per obtenir el combustible en estat gasós. S'obté de la refinació del petroli per destil·lació fraccionada que seguidament s'emmagatzemen en estat líquid en ampolles o dipòsits sotmesos a una pressió d'entre 37 i 50 bar.



Avantatges del Gas Propà

- Molt poc contaminant
- Bona relació qualitat – preu
- Aprofitament de la instal·lació de gas
- No és corrosiu en acer, coure ni aliatges d'aquests
- Resistent a temperatures extremes
- Fàcil de transportar-lo (Punt d'ebullició a -42°C a Pressió atmosfèrica)

- Elevat poder calorífic (PCI = 46.322 kJ/kg)

Desavantatges del Gas Propà

- És més car que altres recursos naturals (Gas Natural)
- És un dels principals causants de l'efecte hivernacle
- És imprescindible tenir un dipòsit d'emmagatzematge (risc d'explosió)
- Molt inflamable en tenir contacte amb l'aire (2-9,5% de Gas Propà en l'aire)

Cost energètic del Gas Propà

Considerant que l'adquisició de propà es realitza a granel, ja que no hi ha canalització, i el preu per kg de Gas Propà està al voltant de 0,75 - 1,25 €/kg, per fer el càlcul estimat, es farà amb un preu unitari d'1 €/kg que surt de fer la mitjana aritmètica.

A partir de les dades orientatives del Gas Propà del mercat actual, i realitzant els càlculs pertinents en l'*Annex apartat 10.1.4* s'obté un cost energètic orientatiu de **0,0388 €/kWh**.

6.5 Alternativa 1. Instal·lació d'una planta satèl·lit de gas natural líquid (GNL)

6.5.1. Origen del projecte

Una opció per tal de fer front a una elevada demanda tèrmica per satisfer les prestacions del Trommel i poder deshidratar correctament l'alfals, és utilitzar el combustible de gas natural per dur a terme la combustió interna.

Un dels problemes més habituals d'algunes plantes industrials ubicades lluny dels nuclis urbans, és que no tenen una xarxa de subministrament terrestre de gas natural per tal de satisfer les seves necessitats. En aquest cas, no hi ha una xarxa de subministrament de gas natural que abasti el territori de la planta.

Una solució a aquest problema, podria ser la instal·lació d'una planta satèl·lit de gas natural líquid (GNL), ja que d'aquesta manera realitzant una inversió inicial i el seu respecte al manteniment, es podria construir la instal·lació, i fer-ne ús d'aquest combustible tan versàtil.

6.5.2. Característiques del Gas Natural Líquid (GNL)

El gas natural líquid és el mateix gas natural que es consumeix a les grans ciutats però en estat líquid, ja que d'aquesta manera és fàcil transportar-lo. Per exemple, 1 m³ de GNL és equivalent a 580 m³ de GN en estat gasós, això ajuda a minimitzar els costos del transport.

També hi ha estudis que avalen que el cost per kWh d'energia del GNL és un 30-40% menor que el del gasoil i un 10% menor que el del Fuel Oil.

Les propietats físiques del GNL són:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| - Pes específic | 450 kg/m³ |
| - Poder calorífic inferior "P.C.I" | 39.900 kJ/kg |
| - Poder calorífic superior "P.C.S" | 44.000 kJ/kg |

6.5.3. Característiques de les plantes satèl·lit

La planta satèl·lit de GNL és una instal·lació d'emmagatzematge, regasificació i regulació destinada a subministrar Gas Natural en zones on no hi ha xarxa de subministrament canalitzat. El Gas Natural en estat líquid es transporta a uns -161°C amb camions cisterna criogènics fins a la planta satèl·lit.



Figura 27. Camió cisterna per transportar GNL.

En el nostre cas, per satisfer la demanda es necessitarà una planta satèl·lit amb un dipòsit criogènic d'almenys 100-130 m³ de capacitat, considerant un marge de reserva del 30%.

(Veure càlcul del volum del dipòsit en l'apartat 10.1.5 de l'annex)

6.5.4. Transport del Gas Natural Liquat (GNL)

Els Gasos Lliquats del Petroli (GLP), que són bàsicament propà i butà, es transporten i distribueixen amb camions cisterna (acer al carboni) a temperatura ambient i al seu interior hi coexisteixen les fases gasosa i líquida a pressions moderades. En canvi, per transportar el Gas Natural a pressions moderades s'ha de reduir la temperatura a -161°C, on el GN està en estat líquid, normalment la cisterna té una capacitat aproximada d'uns 20.000 kg de GNL. Per tant, considerant el volum calculat en l'annex, i la capacitat del camió cisterna, l'estimació ens diu que s'haurà de realitzar 6 comandes mensuals.

(Veure apartat 10.1.10 de l'annex)

6.5.5. Descripció i funcionament de la instal·lació

La planta satèl·lit té principalment 5 grups funcionals, a part de la instal·lació elèctrica, defensa contra incendis i obra civil, que són els següents:

- Dipòsit criogènic, per emmagatzemar el GNL.
- Elements destinats a la descàrrega del camió cisterna.
- Elements de regasificació, aporten calor per tal de dur a terme la vaporització.
- Elements de seguretat, regulació i odorització, per garantir el correcte funcionament abans de lliurar-lo a la fàbrica.
- Elements de control i registre dels paràmetres per controlar les condicions tècniques.

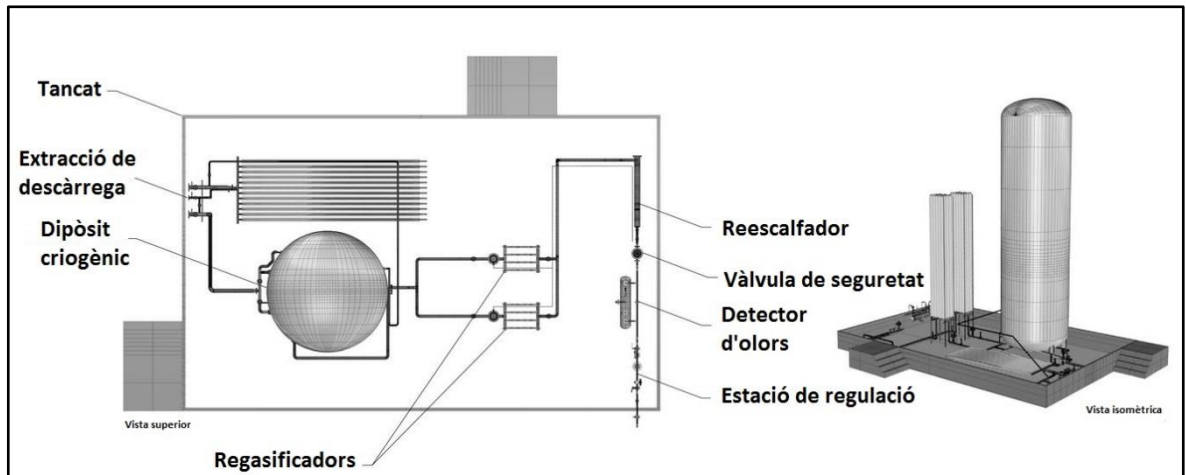


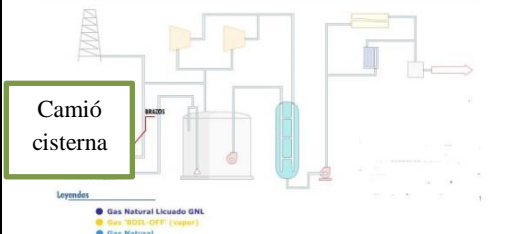
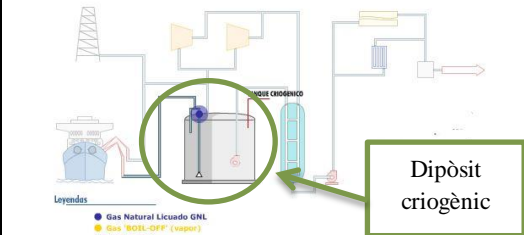
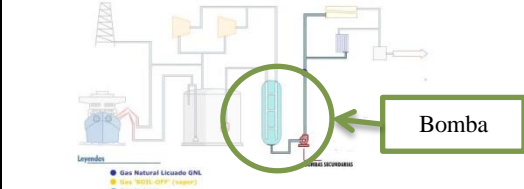
Figura 28. Croquis de la planta satèl·lit.

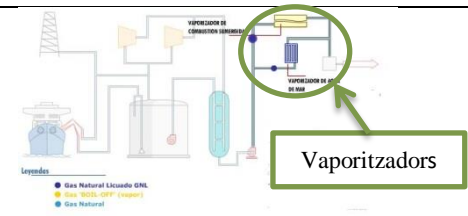
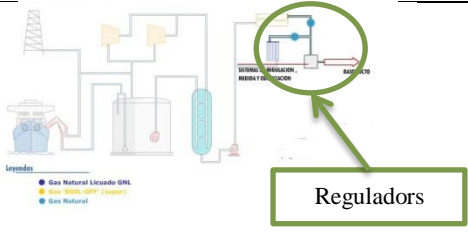


Figura 29. Planta satèl·lit.

Procés de regasificació

El procés de regasificació forma part de la cadena de Gas Natural, i està format per les següents etapes:

<p>1) Recepció del Gas Natural</p> <p>El Gas Natural arriba a la planta satèl·lit amb un camió cisterna a -161°C des de les plantes de líquefacció.</p>	 <p>Legendes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gas Natural Licuado GNL ● Gas "BOIL-OFF" (vapor) ● Gas Natural
<p>2) Emmagatzematge del Gas Natural Liquat</p> <p>Mitjançant dipòsits criogènics.</p>	 <p>Legendes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gas Natural Licuado GNL ● Gas "BOIL-OFF" (vapor) ● Gas Natural
<p>3) Bombeig a alta pressió</p> <p>El Gas Natural Liquat és impulsat a alta pressió des del dipòsit fins als vaporitzadors.</p>	 <p>Legendes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gas Natural Licuado GNL ● Gas "BOIL-OFF" (vapor) ● Gas Natural

<p>4) Vaporització</p> <p>El pas de líquid a gas es fa als vaporitzadors, a una temperatura major de 0°C.</p>	 <p>Vaporitzadors</p>
<p>5) Control de fugues</p> <p>A través de col·lectors, el Gas Natural es dirigeix a uns sistemes de regulació i mesura per tal de detectar possibles fugues.</p>	 <p>Reguladors</p>

Criteris de disseny

Per tal de construir la instal·lació receptora de gas, s'han de tenir dos criteris a considerar.

- La velocitat del gas en l'interior d'un tub no ha de superar els 20 m/s
- En la connexió d'entrada de gas a l'aparell (motor de generació elèctrica i cremador), la pressió no ha de ser inferior a les pressions mínimes establertes per la UNE-EN 437. En el cas del Gas Natural és de 17 mbar i pertany a la família 2H.
- La planta d'emmagatzematge i regasificació entregarà el gas natural a una temperatura d'entre 20-10°C i una pressió de 3 bar.

6.5.6. Ubicació de la planta satèl·lit de Gas Natural Liquat

La instal·lació requerida pel combustible de Gas Natural Liquat consta d'una planta satèl·lit on s'emmagatzema i on es produeix la regasificació del gas, aquest gas s'utilitza de combustible en el motor de generació d'energia elèctrica i un cremador pel funcionament de la deshidratadora.

Com es disposa d'espai suficient al recinte de la planta industrial, no causarà cap problema col·locar la planta satèl·lit dins el recinte industrial. Per tant, es posarà a una distància propera a la deshidratadora i el motor Ruston de generació d'energia elèctrica, sempre i quan compleixi amb la normativa corresponent.

La distància escollida és d'aproximadament uns 50 m, ja que el mínim és 25 m, degut a les mesures de seguretat que ens marca la normativa que seguidament es veurà.

(Veure plànol a l'apartat 10.3 de l'annex i normativa UNE de les distàncies de seguretat a l'apartat 10.4.1 de l'annex)

6.5.7. Normativa

A continuació, es farà un breu resum de quines són les restriccions que s'han de complir segons la normativa espanyola.

Apartat 4.8 de la UNE 60210:2001	Protecció contra incendis, els extintors es col·locaran als dos costats de l'estació de descàrrega de cisternes
Apartat 4 de la ITC-ICG 04 del Real Decreto 769/1999	Reglament a complir pel dipòsit i els equips de pressió
Taula 1 de la UNE 60210:2001	Distàncies de seguretat (via pública, immobles, desguassos, línia elèctrica...)
Apartat 6 UNE 60210:2001	Certificacions a complir per l'entitat d'inspecció i control i l'instal·lador autoritzat
Article 1.1.2 UNE 60079	Divisió de dues zones de la instal·lació per prevenir una atmosfera de gas explosiva
UNE 60210	Proves prèvies per comprovar el correcte funcionament de la instal·lació

(Veure normativa UNE per a plantes satèl·lit a l'apartat 10.4.1 de l'annex)

6.6 Alternativa 2. Instal·lació d'una planta de Biomassa

6.6.1. Origen del projecte

La biomassa és un tipus d'energia renovable com s'ha explicat anteriorment, ja que aprofita molts dels residus que s'originen a l'agricultura, ramaderia, fusteria (serrill) o fins i tot la brossa que s'acumula al bosc com poden ser les rames. Com la planta està situada en un ambient rural, on predomina el sector primari sigui per la ramaderia o pel cultiu intensiu, es creu que pot ser fàcil la recol·lecció d'aquest combustible a baix cost. O també es podria buscar un proveïdor que ens pugui subministrar biomassa de tipus pellet a granel.

6.6.2. Característiques de la Biomassa

Com s'ha comentat a l'apartat 6.4.3, un dels beneficis d'utilitzar biomassa és el poc impacte mediambiental que representa. Però al mateix temps, el problema que té és la baixa densitat relativa d'energia, ja que es requereix grans volums per produir una elevada potència. Per tant, encara que el preu unitari de la biomassa sigui econòmic, se li ha de sumar el cost del transport, i aquest es podria minimitzar si la planta estigués en un lloc a prop d'una planta de producció de biomassa.

6.6.3. Descripció i funcionament de la instal·lació

Per tal de dur a terme la instal·lació, la biomassa allibera l'energia tèrmica quan es produeix la seva combustió en la caldera de vapor, aquesta energia tèrmica calenta un circuit d'aigua tancat que produeix vapor d'aigua saturat el qual es fa expansionar en una turbina generant una energia mecànica. Finalment, aquesta energia mecànica es converteix a energia elèctrica mitjançant un generador.

A continuació, s'esmentaran una sèrie de sistemes que constitueixen la planta:

- (1) Emmagatzematge del combustible (biomassa)
- (2) Transport del combustible a l'equip de combustió
- (3) Equips de combustió
- (4) Caldera (vapor)
- (5) Recuperadors auxiliars de calor
- (6) Depuració de gasos
- (7) Extracció de cendres

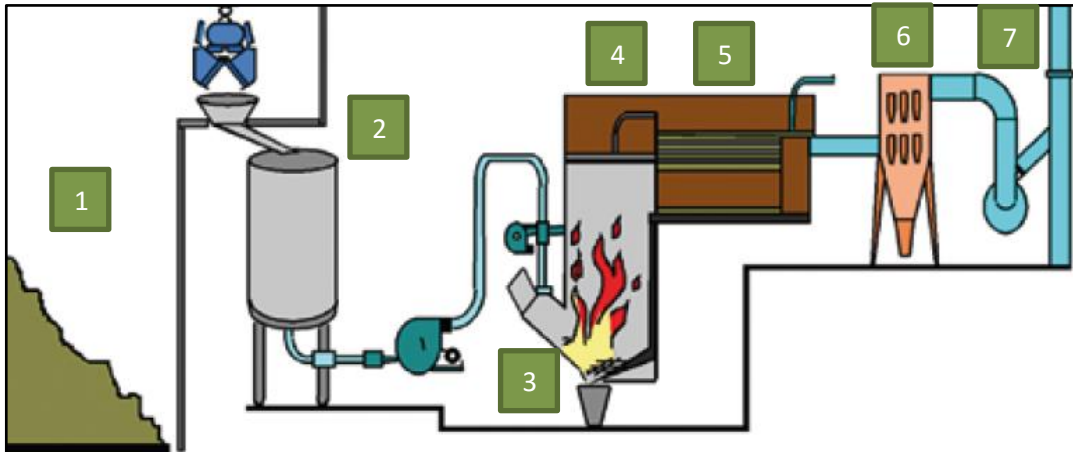


Figura 30. Planta de combustió de biomassa.

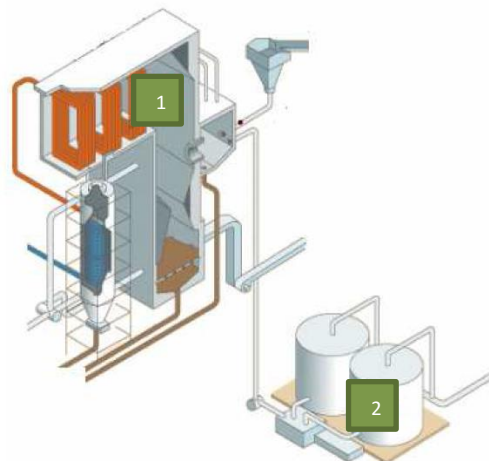
Requisits funcionals

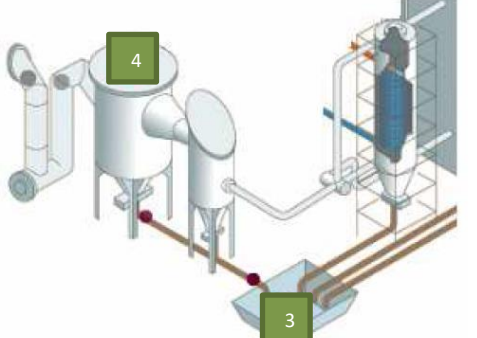
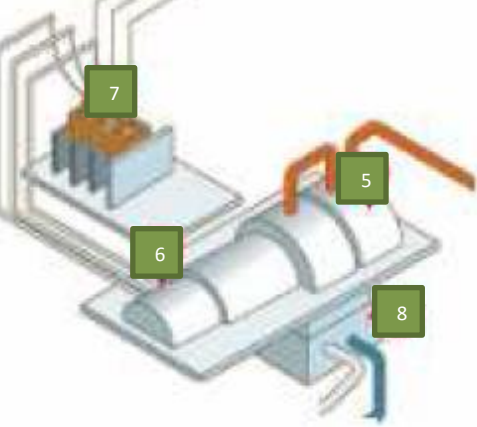
Un cop són recol·lectats els residus forestals o agrícoles, es molen per tal de tenir la dimensió desitjada i establir una condició per controlar la humitat del residu, ja que a més humitat menys poder calorífic inferior (PCI).

Requisits de disseny

Un cop tenim emmagatzemada la matèria primera, aquesta es conduïda a la caldera (1) on es realitza la combustió amb l'ajuda del combustible derivat del petroli (2).

La combustió escalfa l'aigua de les canonades que esdevé vapor saturat d'aigua. L'aigua prové d'un tanc d'alimentació que abans d'entrar a la caldera, es fa passar per un economitzador, on es pre-escalfa mitjançant l'intercanvi de calor amb els gasos de combustió de la mateixa caldera.



<p>Un cop els gasos de combustió de la caldera surten, són depurats en un electrofiltre (4) mitjançant una precipitació de partícules abans de ser alliberats a l'atmosfera.</p> <p>Les partícules retingudes més les cendres de la combustió, són conduïdes al cendrer (3), on seguidament es poden vendre o portar a l'abocador.</p>	
<p>El vapor generat a la caldera s'expandeix en una turbina de vapor (5), la qual mou un generador elèctric (6). Aquest generador elèctric subministra una energia elèctrica que se li eleva la tensió als transformadors (7).</p> <p>El vapor d'aigua provinent de la turbina és transformat a aigua líquida mitjançant un condensador (8). Finalment, aquesta aigua líquida és enviada un altre cop al tanc d'alimentació.</p>	

Aquest cicle de la planta, en termes termodinàmics s'anomena cicle de Rankine, ja que és un cicle que opera amb vapor per tal de generar energia elèctrica. A continuació es pot apreciar el cicle d'una forma esquematitzada.

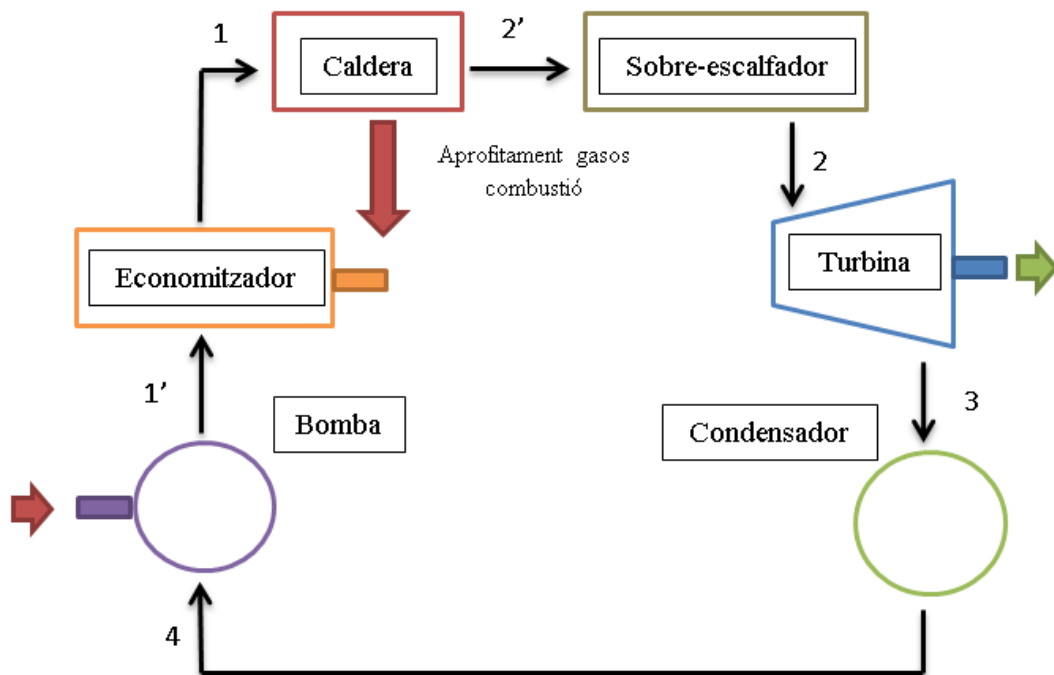


Figura 31. Cicle de Rankine.

La bomba subministra un treball extern, mentre l'economitzador subministra un treball aprofitant l'energia tèrmica dels fums de combustió de la caldera de vapor, mentre que el vapor d'aigua s'expandeix en la turbina de vapor generant un treball elèctric acoblant un generador a la sortida de la turbina. El rendiment elèctric d'aquest tipus d'instal·lació format pel conjunt Turbina – Generador acostuma a ser de 25 – 35%.

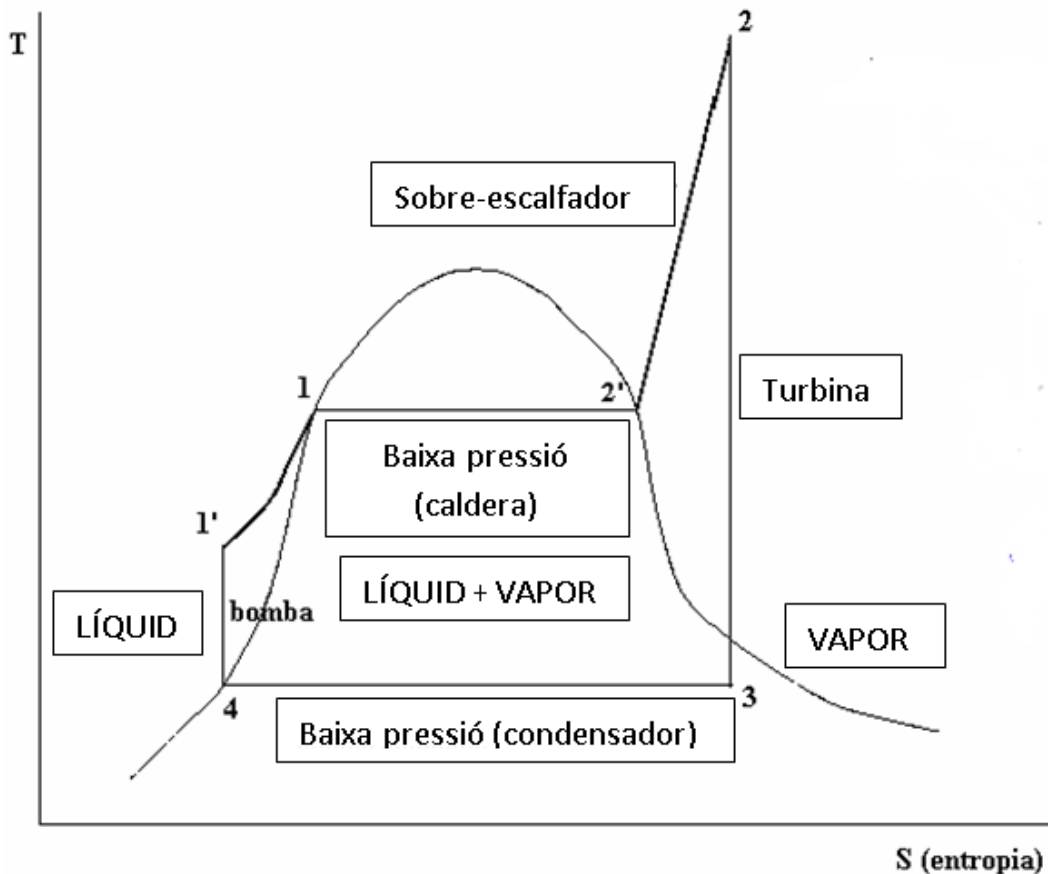
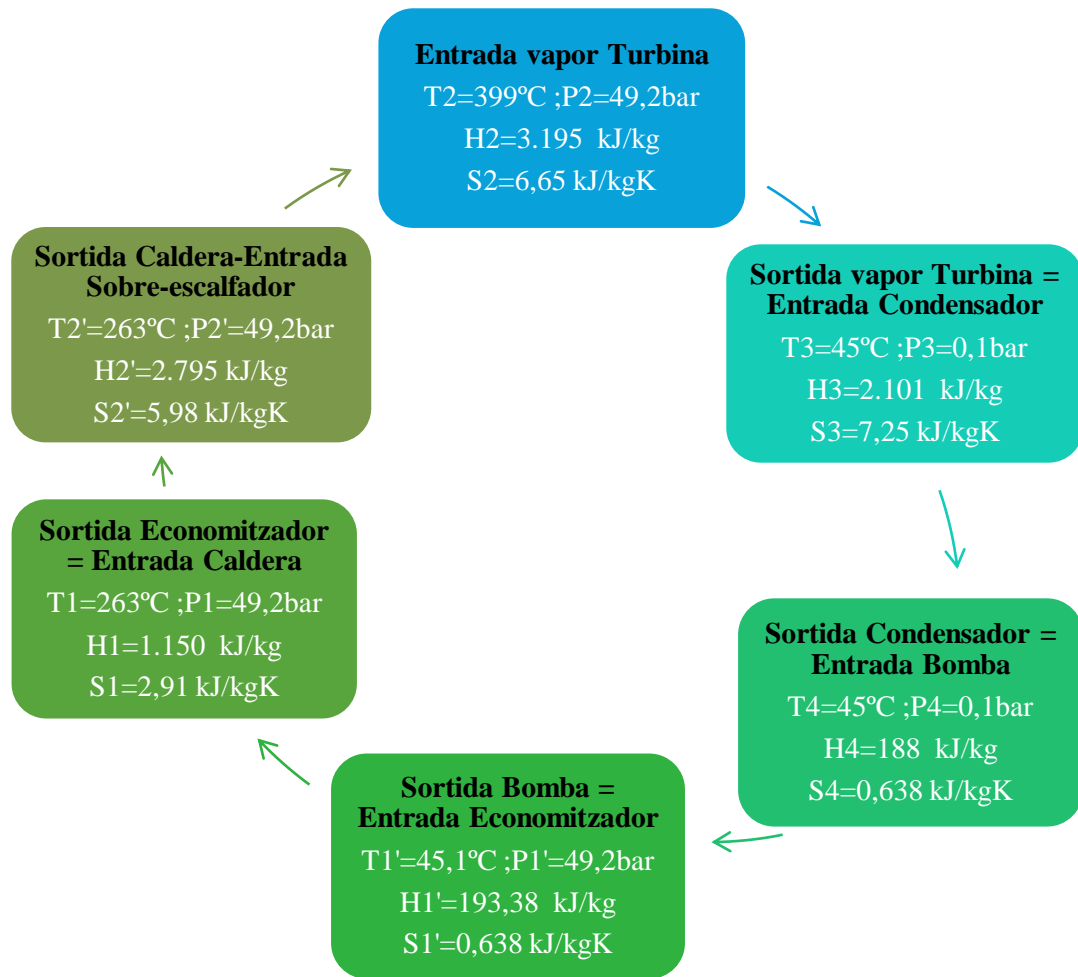


Figura 32. Gràfic Temperatura – Entropia.

La determinació dels punts de treball del cicle de Rankine, vénen donats per la necessitat de poder generar fins a 5.000 kW sempre i quan la pressió i la temperatura del vapor saturat a l'entrada de la turbina sigui de 45 bar i 460°C, òbviament cremant més biomassa de la necessària per aquest projecte.

Amb ajuda del diagrama de la Figura 32, es calcularà els punts de treball del cicle començant pel punt 2 a l'entrada a la turbina. Tenint en compte que la turbina escollida requereix una temperatura del vapor de 399°C i una pressió de 49,2 bar.

(Aquests valors són aproximats, ja que no hi ha d'uns estàndards oficialment reconeguts)



Ara que ja es té els estats termodinàmics de cada punt de treball, ja es pot calcular la potència necessària del cicle a partir de la potència elèctrica generada per la turbina.

(Veure càlculs de la potència a l'apartat 10.1.7 de l'annex)

6.6.4. Ubicació de la planta de combustió de biomassa

La instal·lació de la planta de biomassa consta d'un espai d'emmagatzematge, d'una caldera de combustió per tal de generar energia elèctrica i un cremador pel funcionament de la deshidratadora.

S'ha de tenir en compte, que la biomassa té una densitat energètica molt més baixa que d'altres combustibles, i per tant es necessitarà una gran extensió per poder-la emmagatzemar. També cal saber que la ubicació d'emmagatzematge de la biomassa ha de garantir disposar de la quantitat i humitat adient a la demanda. Per tant, per poder controlar-ho s'ha de disposar d'una bàscula i un aparell de mesura d'humitat.

Un dels problemes d'emmagatzematge de la biomassa és el risc a autoinflamar-se, ja que es recomana extreure els gasos que s'originen per autodigestió, com per exemple amb caragols sense fi. Per conseqüència, s'ha de construir una nau d'emmagatzematge per tal de poder acumular biomassa amb total seguretat.

Cal remarcar, que perquè sigui una alternativa viable, l'emplaçament ha de tenir bons accessos i estar relativament a prop de concentracions forestals per minimitzar el cost del transport.

(Veure plànol de la ubicació en l'Annex apartat 10.3)

6.6.5. Normativa

A continuació es farà un breu resum de les lleis, reglaments i normes que es pot aplicar al projecte d'implantació d'una planta de biomassa.

Legislació Internacional	Protocol de Kyoto	Prevenció del canvi climàtic reduint les emissions de gasos d'efecte hivernacle
Legislació Europea	1) Directiva 2001/77CE del Parlament Europeu 2) Reglament (CE) n° 1782/2003 del Consell	1) Generació d'energia elèctrica a través d'una font renovable 1) Reforma de la PAC per contemplar ajudes als cultius energètics
Legislació Nacional	1) Reial Decret 1955/1994, 1 de desembre 2) Llei 31/1995, 8 de novembre 3) Decret 64/1995, 7 de març 4) Decret 241/1994, 26 juliol 5) UNE – CENT/TS 14961 6) Real Decret 2267/2004, 3 de desembre	1) Regulació del transport, distribució, subministrament i autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica 2) Prevenició de riscos laborals 3) Mesures de prevenició d'incendis forestals (prohibició d'activitats en zones d'alt risc des del 15 de juny fins al 15 de setembre 4) Condicionants urbanístics i de protecció contra incendis en els edificis. <u>Condicions a complir:</u> - Manteniment d'una rasa perimetral de 25 m lliure de vegetació baixa i arbustiva - Disponibilitat de dues vies d'accés diferents (accés i sortida), o una via d'accés d'uns 5 m d'amplada més les voreres 5) Bio-combustibles sòlids, especificacions i tipus de bio-combustibles, per tal de garantir el bon funcionament de la caldera 6) Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials. - Superfície màxima d'una pila de biomassa: 500 m ² - Volum màxim d'una pila de biomassa: 3.500 m ³ - Altura màxima de cada pila: 15 m - Longitud màxima de cada pila: 45m si l'amplada del passadís >2,5 m 20m si l'amplada del passadís >1,5 m

Taula 5. Normativa Biomassa.

6.7 Alternativa 3. Instal·lació d'una planta de generació d'energia elèctrica de Gas Propà

6.7.1. Origen del projecte

El Gas Propà es considerat Gas Lìquid del Petroli perquè es transporta en estat líquid i se'n deriva del petroli. Segons els estudis realitzats pels experts en el medi ambient, el Gas Propà emet menys partícules tòxiques com pot ser diòxid de carboni, òxids de nitrogen i d'altres partícules envers combustibles com el Fuel Oil, Gasoil ... Aquest combustible ja s'ha començat a implementar en el sector automobilístic, tot i que també en el sector energètic com és en aquest cas. Un dels seus principals atractius, és que té un punt d'ebullició molt baix, exactament a uns -42°C , això comporta que s'evapora a l'instant quan s'allibera d'un contenidor amb pressió, per tant no li cal vaporitzador.

6.7.2. Característiques del Gas Propà

La tendència del preu del Gas Propà és similar a la tendència del petroli, ja que és un derivat d'aquest. Tot i que el preu del Gas Propà és inferior al de la gasolina i gasoil, té un poder calorífic inferior que no compensa l'estalvi del preu d'adquisició.

Les seves característiques importants són:

Corrosió	No corroeix l'acer, el coure i els seus aliatges, però si ho fa amb la greix i el cautxú natural.
Toxicitat	No és tòxic, però quan la concentració de Gas Propà en l'aire és elevada es produeixen trastorns fisiològics causats pel desplaçament d'oxigen.
Olor	Gas inodor, però se li afegeix un odorant (mercaptans) que li dóna una certa olor forta característica per tal de detectar possibles fugues.
Contaminació	El Gas Propà és el combustible ecològicament més respectuós amb la naturalesa, ja que la seva combustió no contamina l'atmosfera.
Grau d'emplenament	El Gas Propà en estat líquid es dilata més ràpidament que els recipients que el contenen, per tant no s'han d'emplenar totalment per tal de contrarestar el diferencial de dilatació. (Per exemple, a una Temperatura de 22°C s'aconsella emplenar-lo al 85%)

Taula 6. Característiques importants del gas propà.

6.7.3. Descripció i funcionament de la instal·lació

Hi ha diversos tipus de instal·lacions possibles de Gas Propà en quan a la distribució d'aquest, es podria fer amb bombones, canalització i a granel emmagatzemada amb dipòsits especials. En el nostre cas, s'estudiarà l'opció de tenir una planta d'emmagatzematge amb dipòsits al costat del punt de demanda, la distribució serà a granel amb camions cisterna, ja que no hi ha xarxa de subministrament a la seva localització.

També s'ha triat una planta amb un dipòsit aeri per tal de complir amb la normativa, ja que aquesta ens diu que no es permet enterrar dipòsits amb una capacitat superior als 60 m^3 . Tot i que això ens obliga a prendre mesures de seguretat menys econòmiques, ja que s'haurà de fer un tancat suficient per protegir la planta industrial. Fent els càlculs pertinents, s'ha calculat el volum del dipòsit d'emmagatzematge (120 m^3) de Gas Propà

necessari per satisfer la demanda, considerant una reserva del 30%. (Veure càlculs a l'apartat 10.1.9 de l'annex)

Criteris de disseny

Per tal de construir la instal·lació receptora de gas, s'han de considerar dos criteris:

- La velocitat del gas en l'interior d'un tub no ha de superar els 20 m/s
- En la connexió d'entrada de gas a l'aparell (motor de generació elèctrica, cremador), la pressió no ha de ser inferior a les pressions mínimes establertes per la UNE-EN 437. En el cas del Gas Propà és de 42,5 mbar i pertany a la família 3P(50mbar).

Estructura de la instal·lació

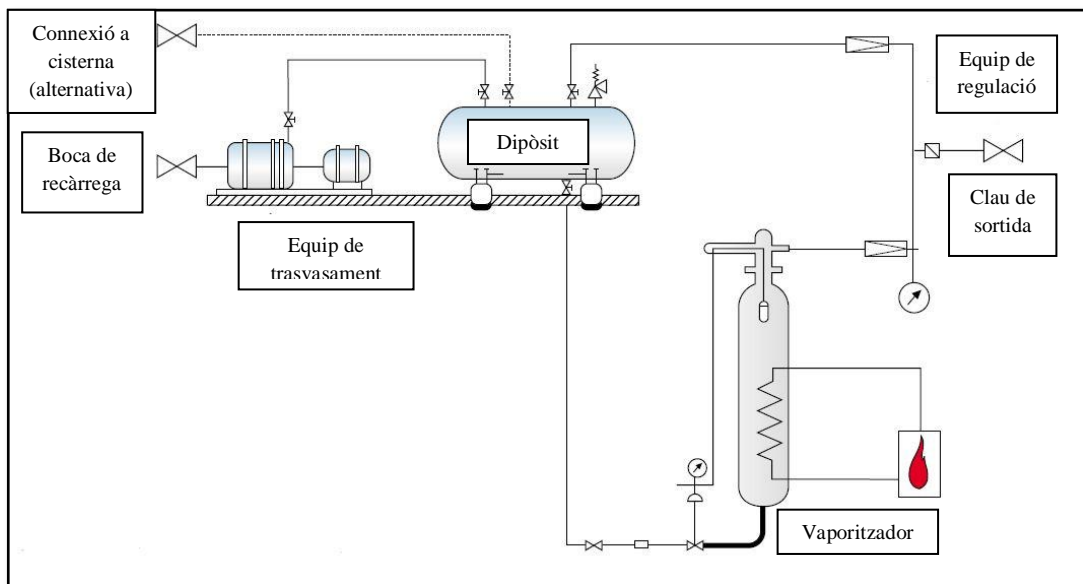


Figura 33. Esquema de la instal·lació de Gas Propà.

Per tant, com s'ha vist en la figura anterior, els elements més rellevants són els següents:

Equip de trasvasament	Format per bombes i compressors per poder trasvasar el GLP d'un dipòsit a un altre
Equip de vaporització	Format per vaporitzadors i elements complementaris per produir la vaporització forçada del GLP
Equip de regulació	Format per reguladors i elements de seguretat contra la sobrepressió
Equip de seguretat	Format per dispositius destinats a la protecció de persones i entorn, com vàlvules de seguretat per alliberació de pressió, protecció contra la corrosió, contra incendis ...
Instal·lacions complementàries	Cartells de prevenció, vestimenta de protecció, llanternes, alarmes ...

Taula 7. Elements rellevants de la instal·lació de Gas Propà.

6.7.4. Ubicació de la planta de generació d'energia elèctrica de Gas Propà

En aquest cas, la instal·lació constarà d'una planta satèl·lit on s'emmagatzemarà el Gas Propà, aquest gas propà serà el combustible del motor de generació d'energia elèctrica i un cremador pel funcionament de la deshidratadora. Per tant, s'ha d'escollir on es col·locarà la planta satèl·lit, ja que el motor i el cremador anirien al mateix lloc que l'actual.

(Veure plànol de la ubicació en l'Annex apartat 10.3)

6.7.5. Normativa

Seguidament, s'esmenta un seguit de normes per tal de dur a terme una correcta activitat i funcionament de la instal·lació.

Reial Decret 919/2006 (ITC-IGC-03)

- Manteniment anual, sent el responsable el titular de la instal·lació, en el seu defecte l'usuari.
- Revisions periòdiques cada 5 anys, responsabilitat del client.
- Prova de pressió del dipòsit cada 15 anys, sent l'empresa instal·ladora un organisme de control autoritzat per la responsable de certificar el correcte funcionament.

Norma UNE 60250:2008

Una mesura de seguretat molt important són les distàncies de seguretat que s'han de respectar per tal de construir la instal·lació, ja que al ser un combustible molt inflamable pot causar grans catàstrofes. Es farà un breu èmfasi en aquesta normativa de seguretat.

Gas Propà emmagatzemat en dipòsits

Referència 1	Espai lliure al voltant de la projecció sobre el terreny del dipòsit
Referència 2	Distància al tancament
Referència 3	Distància a murs o parets cegues
Referència 4A	Distància al límit de la propietat, projecció de línies d'alta tensió
Referència 4B	Distància a apertura d'immobles, subterranis, clavegueram, motors de combustió, via pública, desaigües ...
Referència 5	Distància a edificis d'ús docent, sanitaris, centres comercials, museus...
Referència 6	Distància des de la boca de recàrrega fins a la cisterna de transvasament

Taula 8. Referències a tenir en compte de Gas Propà.

El nostre dipòsit tindrà una capacitat d'uns 100 – 120 m³, per tant segons la normativa pertany al grup A3 (instal·lació aèria o de superfície de grup 3).

Classificació	Volum (m ³)	Referències (distància en m)					
		1	2	3	4A /4B	5	6
A3	60 < V ≤ 120	1	3	5	7,5	30	3

Taula 9. Classificació del Gas Propà.

Altres normes a tenir en compte pels tècnics de la instal·lació són:

UNE 19 040 (DIN 2440)	Mesures i diàmetres dels tubs d'acer per la canalització del gas
UNE 60 309	Gruix dels tubs
UNE 19 049	Característiques tècniques dels tubs amb les mesures i toleràncies
UNE 100 002/88	Zones climàtiques d'Espanya segons graus-dia (Gd)
UNE-EN 437	Gasos d'assaig de la instal·lació
UNE 23 400	Materials de lluita contra incendis

Taula 10. Altres normes de la instal·lació del Gas Propà.

6.8 Estudi de viabilitat tècnica i econòmica de cada alternativa

A continuació, es realitzarà un estudi de viabilitat tècnica segons les especificacions tècniques de cada instal·lació, juntament amb un estudi de viabilitat econòmica per tal de poder extreure unes conclusions finals contemplant aquests dos punts de vista.

També s'ha de contemplar la viabilitat legal de cada alternativa, la qual s'ha anat il·lustrant en cadascuna d'elles a través de la normativa vigent. Garantint el compliment de la distinció de la Conformitat Europea (CE) i fent testimoni dels requisits legals i tècnics en matèria de seguretat dels Estats membres de la Unió Europea.

Considerant les observacions i condicions següents, es procedirà a l'estudi:

1) Viabilitat tècnica

- L'alternativa proposada és viable sempre i quan existeixi en el mercat els elements necessaris per implantar la instal·lació i fer la posada a punt garantint les especificacions tècniques de cada estació.
- Es considerarà una possible instal·lació energètica amb combustible Fuel Oil, però sense tenir en compte la maquinària actual, és a dir, s'estudiarà el tipus de motor i cremador amb combustible Fuel Oil que satisfacin les necessitats.
- Per les tres alternatives restants, també es començarà de zero, tenint en compte el cost de la instal·lació requerida i el preu del combustible orientatiu calculat respectivament.

2) Viabilitat econòmica

- Consisteix en l'avaluació del projecte mitjançant termes econòmics.
- Afegir el tipus d'impost especial sobre electricitat en cada alternativa.
- Cost del projecte, s'estratificarà les parts de la instal·lació en diverses fases amb els seus respectius costos. Obviant tots aquells costos que siguin de personal, venda d'energia sobrant a la xarxa, etc. Ja que es considera que per totes les alternatives seria el mateix.
- Cost del consum d'energia i impostos sobre l'electricitat.

- Beneficis = Cost estimat alternativa – Cost actual
- Plantejament d'un escenari d'inversió amb una taxa d'interès de l'Euríbor anual de l'any 2015.

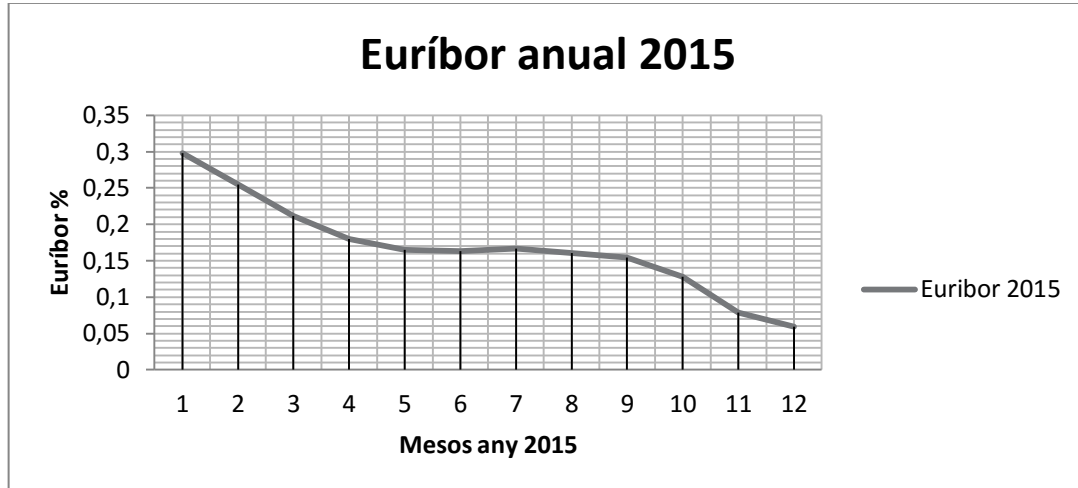


Figura 34. Evolució de l'Euríbor durant l'any 2015.

Valor mitjà anual any 2015 = 0,168% = Taxa d'interès

- Període de 10 anys vista a causa del correcte funcionament de la instal·lació (motor, caldera ...)
- Per tant, s'estudia la viabilitat en un període de 10 anys vista amb una taxa d'interès del 0,168%, aquesta taxa d'interès és estimada, ja que depèn de la situació en què es trobi la societat en aquell moment, i sobretot quin poder adquisitiu té l'entitat interessada en la inversió.
- Exposició detallada de les tècniques de viabilitat econòmica de cada projecte, basant-se en tres indicadors com el "Pay back" o període de retorn de la inversió, Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Rendiment (TIR).

6.8.1. Fuel Oil

Els elements necessaris per a la utilització del Fuel Oil són:

- Motor de combustió interna que genera energia elèctrica (Ref. Bibliogràfica [14])

Grup Motor	WÄRTSILÄ
Model	6L34DF
Potència nominal	2.890 kW
Pressió efectiva	22 bar
Preu d'adquisició	900.000 €

Taula 11. Característiques del motor de Fuel Oil, (veure més en l'Annex apartat 10.5.1)

- Cremador per produir calor mitjançant una flama (Ref. Bibliogràfica [13])

Grup	Riello
Model	Press 30N
Potència nominal	171-342 kW
Pressió màxima de Fuel Oil	5,5 mbar
Preu d'adquisició	3.500 €

Taula 12. Característiques del cremador de Fuel Oil, (veure més en l'Annex apartat 10.5.2)

- Altres (Obra civil, canonades ...)

Obra civil (adaptació a la nau actual)	2.000 €
Dipòsit d'emmagatzematge de Fuel Oil (100 m ³)	50.000 €
Canonades	1.000 €
Sistema de seguretat	1.500 €
Instal·lació elèctrica de subministrament	2.500 €
Posada a punt	4.000 €
Total	61.000 €

Taula 13. Altres costos de la instal·lació de Fuel Oil.

En definitiva, la inversió total inicial del Fuel Oil és de **964.500 €**.

Impost especial

D'acord el bolletí oficial de l'estat, l'impost especial sobre electricitat del Fuel Oil és de 14 euros la tona. Per tant, com s'ha calculat en l'apartat 10.2 de l'Annex, el consum en litres de Fuel Oil mensual, es té un consum anual de 944.755 litres. Mitjançant la densitat es troba els kilograms de Fuel Oil necessaris que són 888.069 kg, és a dir, 888,069 tones. Finalment, el cost d'aquest impost és de **12.432 €** anuals.

Considerant un cost anual actual de **605.376 €/any** (calculat en l'apartat 10.2 de l'Annex), s'estimarà el nou cost anual amb l'alternativa del Fuel Oil proposada per tal de fer la comparativa.

Amb el volum del dipòsit (100 m³), el consum i la potència del motor, es calcula el nombre de comandes a realitzar mensualment (2 comandes mensuals) i el cost anual (372.328 €/any). Considerant l'impost d'electricitat, el cost anual és de **384.760 €**.

(Veure càlculs de comandes i econòmics a l'Annex apartat 10.1.5 i 10.2, respectivament)

Per tant, l'estalvi anual és de **220.616 €**. Aquest estalvi és atribuït a les prestacions de la nova instal·lació de Fuel Oil, es pot veure en l'apartat 10.2 de l'Annex els dos mètodes de càlcul dels dos costos anuals. A continuació s'estudiarà la viabilitat econòmica amb ajuda d'indicadors de rendibilitat.

Indicadors de rendibilitat

(En l'apartat 10.9.1 de l'Annex es pot veure la taula d'amortització i flux de tresoreria)

A partir d'aquesta taula de l'Annex, s'obtenen els següents indicadors juntament amb el diagrama de flux acumulat de tresoreria.

VAN	1.221.316 €
-----	-------------

TIR	19%
Payback	5 anys

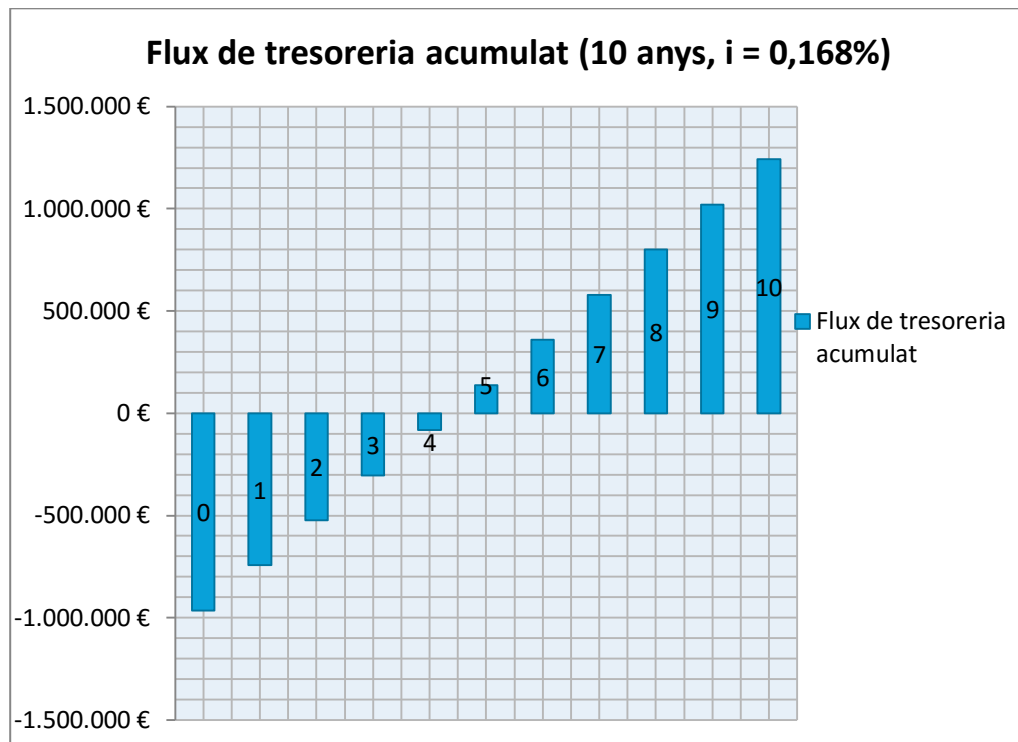


Figura 35. Gràfic del flux de tresoreria acumulat Fuel Oil.

6.8.2. Gas Natural Lìquat (GNL)

Els elements necessaris per a la utilització de Gas Natural Lìquat són:

- Motor de combustió interna que genera energia elèctrica

Grup Motor	MWM
Model	TCG 2032 V16
Potència nominal	3.800 kW
Temperatura de gasos de combustió	479°C
Preu d'adquisició	950.000 €

Taula 14. Característiques del motor de GNL. (veure més en l'Annex apartat 10.6.1)

- Cremador per produir calor mitjançant una flama

Apart del motor, s'ha d'adquirir un cremador per escalfar el flux d'aire que deshidrata l'alfals en el Trommel.

Grup	BAXI
Model	Tecno 44-G
Potència nominal	200-550 kg/h (*)
Pressió mínima Gas Natural	7,1 mbar
Preu d'adquisició	3.238 €

Taula 15. Característiques del cremador de GNL, veure més en l'Annex apartat 10.6.2)

- Altres (Obra civil, equips complementaris...)

També s'ha de tenir en compte el cost de tota la instal·lació que en l'apartat 6.5.5 s'ha detallat. On més o menys el projecte constaria de:

Obra civil de la planta satèl·lit (tancat i suports)	15.000 €
Depòsit criogènic de GNL (120m ³)	60.000 €
Equips gasificadors i reguladors	12.000 €
Sistema de seguretat	1.750 €
Instal·lació elèctrica de subministrament	2.400 €
Posada a punt	4.000 €
Total	95.150 €

Taula 16. Altres costos de la instal·lació de GNL.

En definitiva, la inversió total inicial del GNL és d'**1.048.388 €**.

Impost especial

D'acord el bolletí oficial de l'estat, l'impost especial sobre electricitat del Gas Natural Liquefiet (GNL) és d'1,15 euros el GJ. Tenint que hem de satisfer una potència de 2.500 kW durant 8 mesos, 30 dies cada mes i 16 hores cada dia, tenim un consum de 34.560 Giga Joules. Finalment, el cost d'aquest impost és de **39.744 €** anuals.

Considerant un cost anual actual de **605.376 €/any** (calculat en l'apartat 10.2 de l'Annex), s'estimarà el nou cost anual amb l'alternativa del GNL proposada per tal de fer la comparativa.

Amb el volum del dipòsit (120m³), el consum, la potència del motor, es calcula el nombre de comandes a realitzar mensualment (6 comandes mensuals) i el cost anual (364.800 €/any). Considerant l'impost d'electricitat (39.744 €), el cost anual és de **404.544 €**.

(Veure càlculs de comandes i econòmics a l'Annex apartat 10.1.10 i 10.2, respectivament)

Per tant, l'estalvi anual és de **200.832 €**. A continuació s'estudiarà la viabilitat econòmica amb ajuda d'indicadors de rendibilitat.

Indicadors de rendibilitat

(En l'apartat 10.9.2 de l'Annex es pot veure la taula d'amortització i flux de tresoreria)

A partir d'aquesta taula de l'Annex, s'obtenen els següents indicadors juntament amb el diagrama de flux acumulat de tresoreria.

VAN	941.453 €
TIR	14%
Payback	6 anys

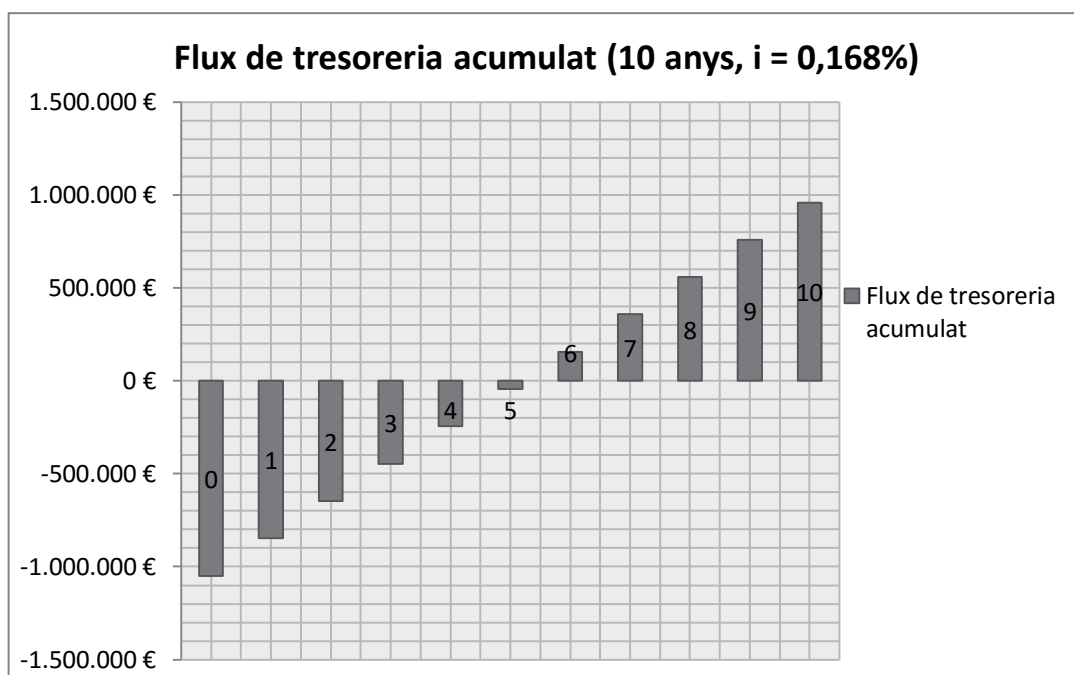


Figura 36. Gràfic del flux de tresoreria acumulat Gas Natural Liqueat.

6.8.3. Biomassa

Els elements necessaris per a la utilització de la biomassa com a font d'energia renovable són:

- Sistema d'alimentació del combustible

El sistema d'alimentació de biomassa està format per un contenidor de grans dimensions i un bisenfi d'alimentació principal amb una relació de dosificació de 2,4 Tones per hora.

Contenidor de grans dimensions	3.250 €
Bisenfi d'alimentació	4.250 €
Total	7.500 €

Taula 17. Sistema d'alimentació de biomassa.

- Caldera de combustió que genera vapor d'aigua (Ref. Bibliogràfica [8])

Caldera	BINDER
Model	RRK 6-7M
Potència nominal	6.000 – 7.000 kW
Temperatura màxima del vapor saturat	450°C
Pressió màxima del vapor saturat	45 bar
Components de la caldera	Sistema autònom d'alimentació, sistema de gasos, ventilador de tiro, xemeneia, sistema de generació del vapor incloent economitzador i evaporador, sistema de neteja d'escòria i cendres.
Preu d'adquisició	60.000 €

Taula 18. Característiques de la caldera de vapor (veure més en l'Annex apartat 10.7.1)

- Turbina d'expansió del vapor d'aigua (Ref. Bibliogràfica [11])

Grup Turbina	Elliott Turbine Group
Model	BYRH
Potència nominal	2.237 kW
Velocitat angular	7.090 rpm
Components de la turbina	Sistema autocontrol, proteccions turbina, actuadors i sensors de camp
Preu d'adquisició	35.000 €

Taula 19. Característiques de la turbina de vapor (veure més en l'Annex apartat 10.7.2)

- Generador síncron d'energia elèctrica

Grup Generador	Marelli Motori
Model	MJH 500 MA4
Potència nominal	Fins a 12.500 kVA
Components del generador	Mecanismes d'excitació, cablejat i automatització
Preu d'adquisició	15.000 €

Taula 20. Característiques del generador (veure més en l'Annex apartat 10.7.3)

- Torre de refrigeració i condensador (Ref. Bibliogràfica [12])

Grup Torre de Refrigeració	ESCHER WYSS
Model	EWK 900
Potència nominal a T=40/30°C	2.558 kW
Components de la torre	Tractament d'aigua, cablejat,
Preu d'adquisició	50.000 €

Taula 21. Característiques del generador (veure més en l'Annex apartat 10.7.4)

- Altres (Bomba d'impulsió, dipòsit d'aigua, obra civil ...)

Edificació del magatzem de la biomassa	600.000 €
Edificació de la nau de generació d'energia	110.000 €
Obra civil de la instal·lació	6.000 €
Depòsit d'aigua de 3.000 litres	12.000 €
Bomba centrífuga impulsora	5.000 €
Connexió elèctrica	11.000 €
Cavitat protectora general metàl·lica	5.000 €
Total	749.000 €

Taula 22. Altres costos de la instal·lació de biomassa.

En definitiva, la inversió total inicial de la biomassa és de **916.500 €**.

Impost especial

D'acord el bolletí oficial de l'estat, l'impost especial sobre electricitat de la biomassa és del 5,051% del cost anual de consum d'energia. Per tant, com s'ha calculat en l'apartat 10.2 de l'Annex, el cost anual és de 257.660 €. Finalment, el cost d'aquest impost és de **12.909 €** anuals.

Considerant un cost anual actual de **605.376 €/any** calculat en l'apartat 6.1.8, s'estima el nou cost anual amb l'alternativa de la biomassa en forma d'estella proposada per tal de fer la comparativa.

Per garantir una potència elèctrica de 2.500 kW generada al grup Turbina-Generador, s'ha calculat el cabal màssic necessari per satisfer aquesta potència en la turbina del cicle de Rankine. Aquest cabal màssic de 8,22 Tn/hora requerit, s'ha de generar en la caldera de biomassa requerint una potència tèrmica de 6.858,7 kW. Finalment, amb aquesta potència tèrmica es calcula la quantitat d'estella de biomassa que s'ha de cremar en la caldera de vapor. Tenint en compte un rendiment de la caldera del 90%, la quantitat d'estella de biomassa a consumir és de 1.560,44 kg/hora.

(Veure càlculs del cabal màssic de vapor, potència tèrmica necessària en la caldera i quantitat de biomassa als apartats 10.1.6, 10.1.7, 10.1.8 respectivament de l'Annex)

Un cop es té la quantitat d'estella calculada, es procedeix a fer l'estimació del cost anual que suposa aquesta alternativa. Tenint en compte que el cost d'una tona en planta d'estella produïda en un radi de no més de 50 km és de 43€/Tn.

Sabent que la fàbrica té una activitat de 8 mesos a l'any i treballant 2 torns de 8 hores cadascun, s'obté un cost anual de 257.660 €. Considerant l'impost d'electricitat (12.909 €), el cost anual és de **270.938 €**.

(Veure el càlcul del cost anual utilitzant l'alternativa de biomassa de tipus estella)

Per tant, l'estalvi anual és de **334.807 €**. A continuació s'estudiarà la viabilitat econòmica amb ajuda d'indicadors de rendibilitat.

Indicadors de rendibilitat

(En l'apartat 10.9.3 de l'Annex es pot veure la taula d'amortització i flux de tresoreria)

A partir d'aquesta taula de l'Annex, s'obtenen els següents indicadors juntament amb el diagrama de flux acumulat de tresoreria.

VAN	2.400.764 €
TIR	35%
Payback	3 anys

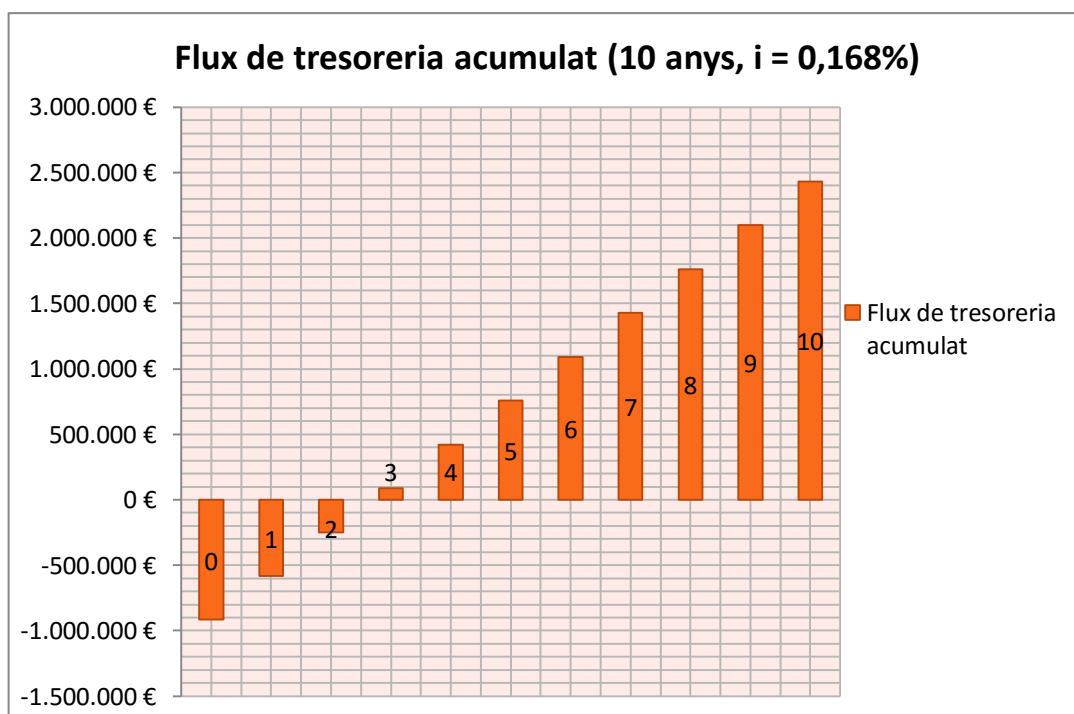


Figura 37. Gràfic del flux de tresoreria acumulat Biomassa.

6.8.4. Gas Propà (GLP)

S'ha de tenir en compte que en aquesta alternativa, s'utilitzaran 6 unitats d'aquest motor CAT G3412 escollit, ja que la màxima potència donada per un motor utilitzant exclusivament Gas Propà és de 453 kW, per tant es necessiten 6 unitats funcionant en paral·lel per satisfer la demanda de 2.500 kW.

Els elements necessaris per a la utilització de Gas Propà (GLP) són:

- Motor de combustió interna que genera energia elèctrica

Grup Motor	CAT (Caterpillar)
Model	G3412
Potència nominal	453 kW
Multi-combustible	Gas natural, Gas propà i biogàs
Preu d'adquisició (1u)	182.960 €
Preu total (6u)	1.097.760 €

Taula 23. Característiques del motor de GLP, (veure més en l'Annex apartat 10.8.1)

- Cremador per produir calor mitjançant una flama

Apart del motor, s'ha d'adquirir un cremador per escalfar el flux d'aire que deshidrata l'alfals en el Trommel.

Grup	BAXI
Model	Tecno 44-G
Potència nominal	200-550 kg/h (*)
Pressió mínima Gas Natural	10,7 mbar
Preu d'adquisició	3.315 €

Taula 24. Característiques del cremador de GLP, (veure més en l'Annex apartat 10.8.2)

- Altres (Obra civil, equips complementaris...)

També s'ha de tenir en compte el cost de tota la instal·lació que en l'apartat 6.5.5 s'ha detallat. On més o menys el projecte constaria de:

Obra civil de la planta satèl·lit (tancat i suports)	15.000 €
Dipòsit criogènic de GLP (120 m ³)	60.000 €
Equips gasificadors i reguladors	12.000 €
Sistema de seguretat	1.750 €
Instal·lació elèctrica de subministrament	2.400 €
Posada a punt	4.000 €
Total	95.150 €

Taula 25. Altres costos de la instal·lació de GLP.

En definitiva, la inversió total inicial del GLP és d'**1.196.225 €**.

Impost especial

D'acord el bolletí oficial de l'estat, l'impost especial sobre electricitat del Gas Propà (GLP) és de 57,47 euros la tona. Per tant, com s'ha calculat en l'apartat 10.1.11 de l'Annex, el consum en kg de Gas Propà, es té un consum anual d'1.120.000 kg. Finalment, el cost d'aquest impost és de **64.366 €** anuals.

Considerant un cost anual actual de **605.376 €/any** calculat en l'apartat 6.1.8, s'estimarà el nou cost anual amb l'alternativa del GNL proposada per tal de fer la comparativa.

Amb el volum del dipòsit (120 m³), el consum i la potència del motor, es calcula el nombre de comandes a realitzar mensualment (6 comandes mensuals) i el cost anual (560.000 €/any). Considerant l'impost d'electricitat (64.366 €), el cost anual és de **624.366 €/any**.

(Veure càlculs de comandes i econòmics a l'Annex apartat 10.1.11 i 10.2, respectivament)

Per tant, en aquesta alternativa no hi ha estalvi, sino que hi ha una despesa de 18.990 €, cosa que ja es veu que no serà rendible. A continuació s'estudiarà la viabilitat econòmica amb ajuda d'indicadors de rendibilitat.

Indicadors de rendibilitat

(En l'apartat 10.9.4 de l'Annex es pot veure la taula d'amortització i flux de tresoreria)

A partir d'aquesta taula de l'Annex, s'obtenen els següents indicadors juntament amb el diagrama de flux acumulat de tresoreria.

VAN	-1.384.377 €
TIR	0%
Payback	-

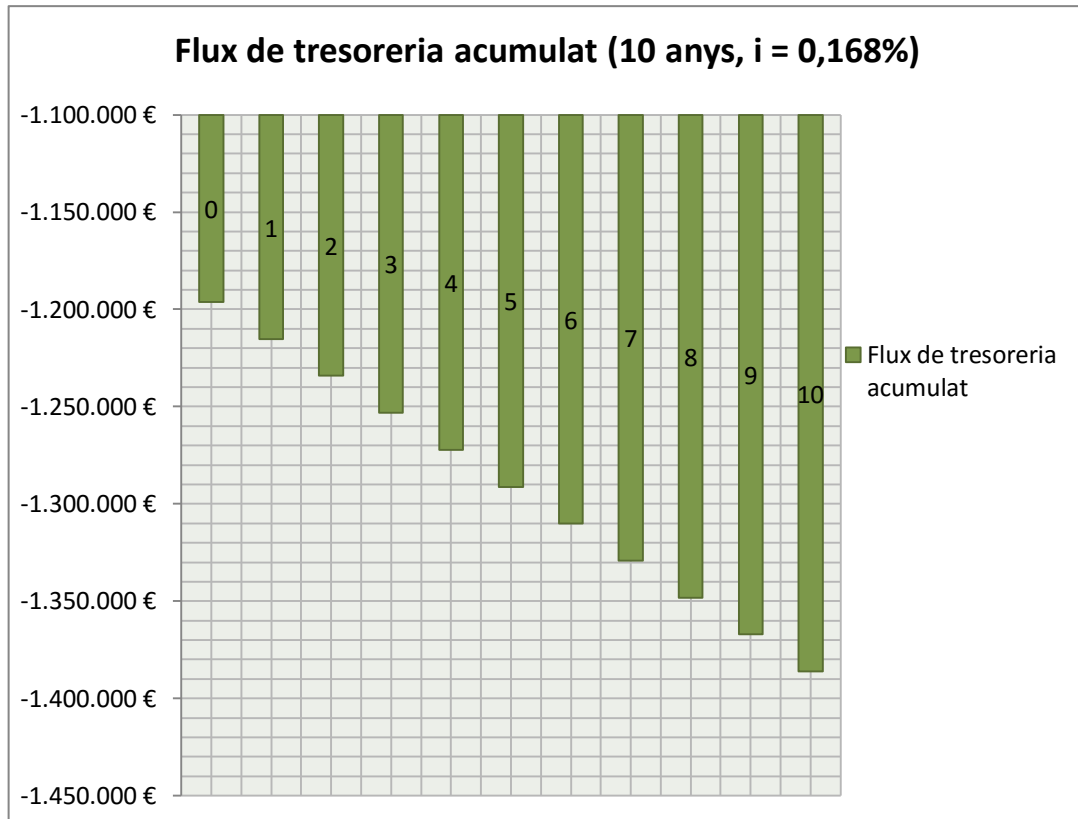


Figura 38. Gràfic del flux de tresoreria acumulat Gas Propà.

6.8.5. Taula comparativa

Per tal de fer un breu resum de l'estudi comparatiu, es realitza una taula comparativa de les 5 situacions diferents tal com s'ha detallat en l'apartat 6.8. Així ens permetrà extreure conclusions a partir de la viabilitat econòmica de cada alternativa.

	Situació Actual	Fuel Oil	Gas Natural (GNL)	Biomassa	Gas Propà (GLP)
Inversió inicial (€)	0	964.500	1.048.388	916.500	1.196.225
Costos anual (€)	585.818	372.328	364.800	257.660	560.000
Impostos anual (€)	19.558	12.432	39.744	12.909	64.366
Costos total anual (€)	605.376	384.760	404.544	270.938	624.366
Estalvis anual (€)	0	220.616	200.832	334.807	-18.990
VAN (€)	0	1.221.361	941.453	2.400.764	-1.384.377
TIR	0	19%	14%	35%	0%
Període de Retorn	0	5 anys	6 anys	3 anys	-

Taula 26. Taula comparativa.

A continuació, s'il·lustra l'evolució del VAN segons la taxa d'interès de la inversió, respectivament per cada alternativa. D'aquesta manera, es pot veure fàcilment quines són les alternatives més rendibles i quines no ho són.

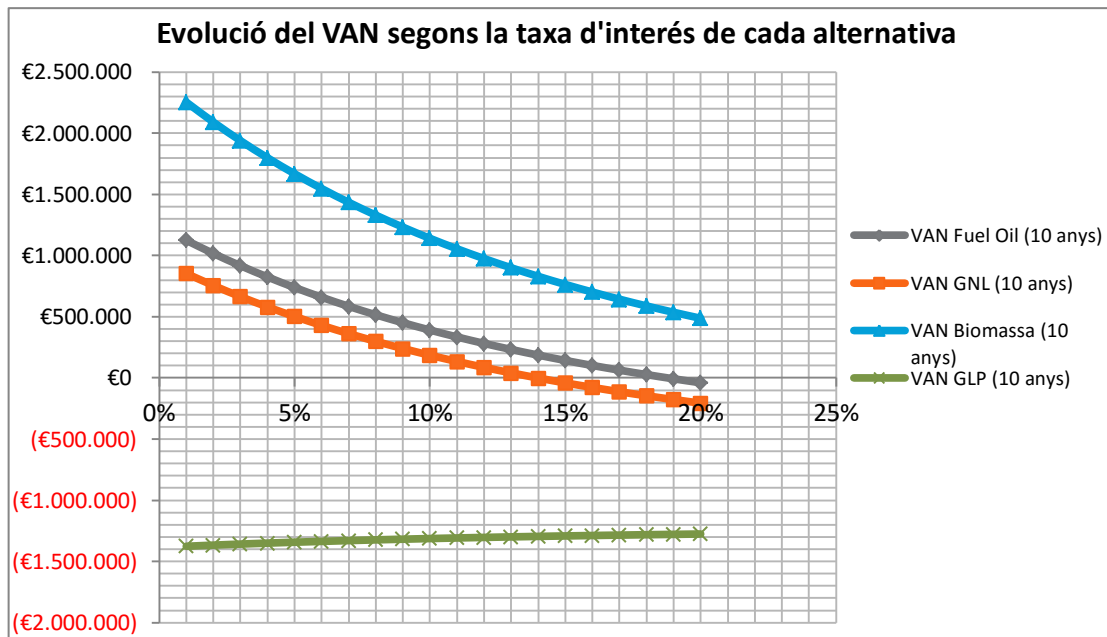


Figura 39. Gràfic de l'evolució del VAN segons la taxa d'interès.

Després d'estudiar les 4 alternatives per separat, s'aprecia que hi ha 3 alternatives de projecte rendibles i un projecte no rendible, ja que fixant-nos amb el VAN, es pot veure que l'únic VAN negatiu és el de la instal·lació de Gas Propà. Mentre pel que fa la resta, és el projecte de biomassa que el seu VAN és superior a tots els altres, el període de retorn és de 3 anys i presenta una TIR de 35 % (la més alta de totes).

Seguidament, es té el projecte de Fuel Oil i el Gas Natural Liquefiet que ambdós són rendibles, tot i que tant la inversió inicial com el cost anual del Fuel Oil és menor que el del Gas Natural Liquefiet, obtenint així un VAN superior en el projecte de Fuel Oil.

6.9 Impacte Mediambiental

Pel que fa l'impacte mediambiental de les alternatives, es pot dividir en l'impacte que ocasiona l'adquisició del combustible (contemplant l'extracció, processament i transport), i l'impacte que ocasiona la utilització d'aquest (contemplant el subministrament, consum i generació de residus). D'aquesta manera, a continuació es farà una comparació entre les diferents alternatives.

En la fase d'extracció del Gas Natural o Gas Propà, presenta una breu incidència als pous en els quals ja s'utilitzen per extreure petroli, ja que el gas es troba lligat als jaciments de petroli. També s'ha de tenir present que el gas és un subproducte del petroli, la qual cosa beneficia la seva transformació limitant-se a una fase de purificació sense originar escòria.

Per altra banda, les conseqüències atmosfèriques originades al consum són molt inferiors que altres combustibles com el Fuel Oil, ja que per l'alta relació hidrogen-carboni en la seva composició, les partícules de metà són més lleugeres que l'aire i tendeixen a pujar ràpidament cap a l'atmosfera on es dissipen sense deixar efectes nocius.

Per quantificar-ho es mostra a continuació quina és l'emissió de CO₂ del Gas Natural respecte altres combustibles.

Llignit	Fuel Oil	Gasoil	Gas Natural
100 kg CO ₂ /GJ	79 kg CO ₂ /GJ	70 kg CO ₂ /GJ	58 kg CO ₂ /GJ

Taula 27. Emissions de CO₂ del Gas Natural respecte altres combustibles.

També s'han de contemplar les emissions de NO_x, ja que aquests NO_x tenen caràcter àcid i contribueixen a la pluja àcida, però en el cas del Gas Natural s'origina una reacció de combustió d'elevada eficiència que emet 2,5 vegades menys òxids que el Fuel Oil.

Pel que fa a les emissions de SO₂, també són preferibles el Gas Natural i el Gas Propà respecte el Fuel Oil, ja que el contingut de sofre és molt inferior en aquests gasos que al Fuel. A més a més, les partícules sòlides que originen el Gas Natural i el Gas Propà després de la seva combustió són molt inferiors a les que es poden originar en forma de fums de la biomassa, Fuel Oil, etc.

Una particularitat de la biomassa és que les partícules sòlides que es generen durant la seva combustió que sino es disposa d'aparells amb tecnologia avançada, poden ser greument perjudicials pel medi ambient. Com per exemple, un mal tractament de les cendres podria contaminar l'aigua del sòl o simplement el sòl, amb un descontrol de les partícules tòxiques que hi ha a les cendres com són el plom i el cadmi.

En la combustió d'estella de biomassa, s'origina una gran varietat d'emissions de compostos orgànics, entre els quals hi ha substàncies catalogades com cancerígenes (hidrocarburs aromàtics policíclics)

En canvi, el seu procés d'adquisició no presenta cap impacte ambiental pel que fa la seva extracció sempre que es respecti l'hàbitat forestal.

6.10 Pressupost del Projecte

A continuació s'il·lustra una taula amb l'elaboració del pressupost del Projecte amb la computació de les hores de dedicació per du a terme aquest treball, les persones implicades i la seva quantificació econòmica, en definitiva tots els recursos humans utilitzats.

Personal	Temps dedicat	Quantificació econòmica
Director del projecte	20 hores	50 €/hora
Enginyer del projecte	130 hores	35 €/hora
Viatge a la planta industrial	4 hores (216 km)	25 € (benzina)
Visita de la planta industrial	3 hores	35 €/hora
Plantejament de l'estudi als enginyers de Bon Àrea	2 hores	35€ /hora
Consulta a l'economista financer de projectes	0,5 hores	35 €/hora
Total	159,5 hores	5.767,5 €

Taula 28. Pressupost del projecte.

7. CONCLUSIONS

En primer lloc, cal destacar les propietats i característiques de cada combustible candidat a ser utilitzat en la instal·lació per satisfer la planta industrial agroalimentària energèticament. En aquest aspecte, partint del Fuel Oil, Gas Natural Lìquid (GNL), Biomassa i Gas Propà (GLP), es pot dir que el combustible que menys impacte mediambientalment té és la biomassa, sempre quan hi hagi un control de recollida d'aquesta font renovable. Per altra banda, les propietats de la biomassa quant al seu poder calorífic inferior i la seva densitat, no són tan òptimes com podria ser-ho el GNL o el GLP, ja que amb menys quantitat s'obté més energia. En aquest cas, al disposar de gran espai lliure en l'extensió de l'entitat privada, aquests desavantatges de la biomassa poden passar desapercebudes.

En segon lloc, al fer un anàlisi dels requeriments de cada instal·lació, el factor més determinant és la manera de generar energia elèctrica per satisfer la planta industrial, ja que el cremador no comporta gaires variacions entre les diferents alternatives. Per tant, analitzant la manera de generar electricitat, es pot veure que la instal·lació més complexa per la seva dimensió i quantitat d'elements necessaris és l'alternativa de biomassa. Aquesta alternativa requereix una caldera de vapor alimentada per biomassa, una turbina d'expansió de vapor d'aigua saturat, un generador elèctric per convertir l'energia mecànica de la turbina amb energia elèctrica, una torre de refrigeració per refredar el circuit d'aigua tancat, un dipòsit d'aigua, un sistema d'alimentació de la caldera i un lloc de grans dimensions d'emmagatzematge. Tots aquests components, necessiten estar ben dimensionats per poder optimitzar l'espai lliure existent, a part de què són components escollits de diferents fabricants i la seva implementació ha de garantir el correcte funcionament de tota la instal·lació. En canvi, les instal·lacions de Fuel Oil i GNL doten d'un motor de combustió interna encarregat de generar energia elèctrica, és a dir, tenen integrada la conversió d'energia tèrmica a energia elèctrica en un mateix producte fabricat. Per aquest fet, hi ha un aspecte que s'ha de tenir en compte i és que té un impacte econòmic superior al de la biomassa, però hi ha la tranquil·litat de tenir un funcionament més fiable i tenir un únic responsable a l'hora de realitzar el manteniment. Pel que fa l'alternativa de Gas Propà, es pot arribar a la conclusió de què és l'única alternativa no viable tècnicament, ja que no s'ha trobat fabricants de motors de combustió interna que puguin satisfer la demanda requerida de 2.500 kW de potència. Per tal de prosseguir amb l'estudi comparatiu, s'ha optat per col·locar 6 motors de Gas Propà en paral·lel per tal de poder entregar la potència requerida.

En tercer lloc, l'aspecte econòmic de cada alternativa és un dels més importants a tenir en compte en el projecte. D'acord amb el càlcul estimat dels costos anuals actuals de la planta industrial, s'ha anat comparant cada alternativa per veure si optimitza l'eficiència energètica o no. Realitzant els càlculs dels costos anuals, la inversió inicial del projecte, l'estalvi anual i l'impost per generar electricitat pertinent de cada alternativa, es pot estimar i avaluar el projecte en un futur pròxim d'uns 10 anys vista. En definitiva, un cop es té aquests càlculs ja es pot construir la taula d'amortització amb els seus fluxos de tresoreria i amb ajuda dels indicadors de rendibilitat decidir quina alternativa és la més òptima. Com s'ha justificat en la memòria, l'únic projecte no viable econòmicament és el de Gas Propà, ja que els costos anuals són superiors a la situació actual, fet que resulta ser un projecte no rendible sense període de retorn. En canvi, els altres tres projectes en un període de 10 anys vista són viables econòmicament, sent el més òptim l'alternativa de biomassa amb una gran

diferència, ja que tot i tenir una instal·lació més complexa, el seu cost d'adquisició (inversió inicial) és inferior a la dels motors de combustió interna. Tot i que s'ha de tenir en compte, la biomassa resulta econòmica si el punt de recollida d'aquesta és proper a la planta industrial, ja que sinó en tenir una densitat tan baixa suposa un augment de cost en el transport. En aquest cas, la planta industrial està ubicada al municipi de Bujaraloz que es troba a la comarca dels Monegros amb una climatologia semiàrida amb escasses pluges el que dificulta la formació de biomassa forestal, la qual cosa suposaria un increment en el cost anual de la recollida de biomassa.

Finalment, concloure que l'estudi comparatiu dona una major viabilitat òptima econòmica al projecte de biomassa envers els altres tres, però s'hauria de veure si l'increment en el cost anual a causa del transport d'aquest combustible de punts més llunyans de 50 km afecta o no en la viabilitat. També es pot extreure de l'estudi, una viabilitat rendible d'una instal·lació de Gas Natural Liquefiet i una renovació de la instal·lació actual de Fuel Oil, canviant principalment el motor de combustió interna per tal de millorar l'eficiència de la instal·lació. Altrament, descartar absolutament l'alternativa de Gas Propà per la seva inviabilitat tècnica i com a conseqüència també la inviabilitat econòmica.

8. AGRAÏMENTS

En primer lloc, donar el meu agraïment a la Corporació Alimentària de Guissona (Bon Àrea) per brindar-me l'oportunitat d'analitzar i estudiar una de les seves plantes industrials agroalimentàries. Específicament al directiu Vicens Brieba per la seva comprensió i amabilitat de facilitar-me el contacte de l'enginyer industrial Ignasi Garriga, el qual m'agradaria donar-li les gràcies per brindar-me la informació necessària de la planta i planificar-me una visita amb l'enginyer agrònom Albert Jové. Aquest em va acompanyar durant la visita i em va ensenyar totes les instal·lacions per poder estructurar definitivament el meu treball de fi de grau.

En segon lloc, donar el meu agraïment al financer Matías Pueyo per la seva aportació de coneixements econòmics i poder realitzar un estudi de viabilitat econòmica amb totes les garanties.

En tercer lloc, al meu director de treball, Jose Maria Morancho Llena m'agradaria donar-li les gràcies per acceptar la meva proposta de treball des d'un principi i donar-me el suport durant tot el seguiment del treball.

Agrair el suport incondicional de la meva família, ja que sempre que ho he necessitat he pogut comptar amb ells. També agrair a tots els amics i companys que m'han escoltat quan m'he desfogat explicant-los-hi la meva idea i el desenvolupament del meu treball de fi de grau.

9. BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques

- [1] SANTIAGO GARCIA GARRIDO, Centrales termoeléctricas de biomassa, editorial Renovetec.
- [2] MICHELLE MICHOT FOSS, Introducción al GNL (descripción general del gas natural licuado, propiedades, industria y Seguridad), editorial Center for energy economics.
- [3] AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), UNE 60210 Plantas Satélite de Gas Natural Licuado (GNL), AENOR 2011.
- [4] INFORME N° 109 (Precios energéticos combustibles y carburantes), IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Enero 2015.
- [5] PUBLICACIÓN Biomasa, Industria, IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Mayo 2008.
- [6] PUBLICACIÓN Energía de la Biomasa, IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Febrero 2002.
- [7] PUBLICACIÓN Manual de instalaciones de GLP, CEPESA ELF GAS, S.A José Emilio López Sopeña.
- [8] CATÁLOGO Calderas de biomasa, BINDER, ©Binder Energietechnik GmbH.
- [9] CATÁLOGO Calderas de biomasa, HERZ, editorial Termosun Energias, S.L.
- [10] PUBLICACIÓN Impuestos Especiales, BOE, Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- [11] CATÁLOGO YR Steam Turbines, ELLIOT Turbine, ©Elliot Group.
- [12] CATÁLOGO Torres de refrigeración, ESCHERR, ©EscherrEWK Group.
- [13] CATÁLOGO Two Stage Heavy Oil Burners, RIELLO, ©Riello Group.
- [14] CATÁLOGO Ship Power Engines, WÄRTSILÄ, ©Wärtsilä Corporation.

Referències virtuals (web)

Institució Corporació Alimentària de Guissona S.A

<https://www.cag.es/corporacio/catala/presentacio.asp>

Cultiu intensiu ALFALS

<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>

Associació espanyola de fabricants de alfals deshidratat

<http://aefa-d.com/>

Informació tècnica botànica

http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R92/R92_42.htm

Plantes satèl·lits de GNL

<http://novagascriegenia.com/portfolio/laoreet-mattis-quam-4/>

<http://www.sedigas.es/certificacion/pagina.php?p=352>

<http://www.saggas.com/proceso-de-regasificacion/>

Fuel Oil

<http://www.galpenenergia.com/>

<http://www.galpenenergia.com/ES/ProdutosServicos/Produtos/FueloleosIndustriais/Paginas/FueloleosIndustriais.aspx>

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>

<http://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets/generating-sets/wartsila-genset-20>

Preu matèries primes

<http://www.indexmundi.com/>

<http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=fueloil&meses=360>

Biomassa

<http://www.plantasdebiomasa.net/index.php/que-es-la-biomasa>

<http://www.avebiom.org/es/>

<http://www.algasa.net/6.html>

<http://www.e3calor.es/precios-de-biomasa/>

<http://www.gruponovaenergia.com/productos/biomasa.php>

Gas Natural Liguat:

<http://www.primagasenergia.es/productos/gas-natural-licuado>

<http://elperiodicodelaenergia.com/el-mercado-apuesta-por-un-2015-de-precios-bajos-del-gnl-por-la-mayor-oferta-de-eeuu-y-australia/>

<http://www.mwm.net/mwm-chp-gas-engines-gensets-cogeneration/>

Gas Propà:

<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=53&LanguageID=9&CountryID=19#MajorApplications>

<http://generadoreselectricos.info/propano/>

<http://www.indox.com/es/productos/soluciones-especificas/generacion-cogeneracion/grupos-generadores>

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/monge_t_m/contenido.htm

Estudi de viabilitat

<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo7.html>

<http://www.directindustry.es/>

<http://www.mwm.net/mwm-chp-gas-engines-gensets-cogeneration/>

10. ANNEX

10.1 Càlculs energètics

10.1.1 Preu €/kWh Fuel Oil

Obtenint de la Figura 20 un preu unitari mitjà d'1,49 €/Galó de l'any 2014, i sabent que:

PCI (kJ/kg)	Densitat (kg/m ³)	Preu unitari (€/Galó)	Capacitat
40.964	940	1,49	1 galó = 0,00378 m ³

$$1,49 \frac{\text{€}}{\text{Galó}} * \frac{1 \text{Galó}}{0,00378 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{940 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{40.964 \text{ kJ}} * \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 0,03684 \text{ €/kWh}$$

10.1.2 Preu €/kWh Gas Natural

Dades obtingudes mitjançant un proveïdor de GNL, HAM-GL.

PCI (kJ/kg)	Preu unitari (€/kg)
39.900	0,38

$$0,38 \frac{\text{€}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{39.900 \text{ kJ}} * \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 0,03428 \text{ €/kWh}$$

10.1.3 Preu €/kWh Biomassa

Considerant que hi ha molts tipus de biomassa, s'ha escollit que s'utilitzarà la biomassa de pellets perquè és el tipus que té un poder calorífic inferior més alt, ja que prèviament ha estat compactat i és més dens.

PCI (kJ/kg)	Preu unitari (€/kg)
17.556	0,23

$$0,23 \frac{\text{€}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{17.556 \text{ kJ}} * \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 0,04716 \text{ €/kWh}$$

10.1.4 Preu €/kWh Propà

Considerant que l'adquisició de propà es realitza a granel, ja que no hi ha canalització possible, el preu per kg de Gas Propà està al voltant de 0,5 €/kg.

PCI (kJ/kg)	Preu unitari (€/kg)
46.322	0,5

$$0,5 \frac{\text{€}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{46.322 \text{ kJ}} * \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 0,0388 \text{ €/kWh}$$

10.1.5 Volum del dipòsit de Fuel Oil

Tenint una demanda actual de 185.771 L mensuals, estimem quin ha de ser el volum d'aquest dipòsit si volem fer 2 comandes al mes.

El volum calculat és de 93.000 L de capacitat aproximadament, però suposant que es deixa un 15% de marge, el volum definitiu és de 100 m³ aproximadament.

10.1.6 Volum del dipòsit de Gas Natural Liquat

Condicions a tenir en compte pel disseny:

- Potència que requereix la planta industrial:
Deshidratadora + Fàbrica de pinso + Il·luminat + Oficines = Motor de generació d'energia elèctrica = 2.500 kW = Pc (Potència a complir)
- A partir de la potència nominal requerida simultània, s'assigna un grau de gasificació (GG) el qual és 3, ja que potència supera els 70 kW. (Veure apartat 10.4 de l'annex)
- Temps de funcionament = 16 hores al dia, 8 mesos a l'any.
- Densitat de gas natural = 0,77 kg/Nm³
- Cabal: $Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{Pc \text{ (kW)}}{PCS \left(\frac{kWh}{m^3} \right)} = \frac{2.500 \text{ kW}}{9,02 \text{ kWh/m}^3} = 277 m^3/h$
- Consum diari: Cd total = 277 m³/h x 16 hores/dia = **4.432 m³/dia**
- Relació: 1 m³ de GNL = 580 kg de gas natural
- Volum que ocupa en fase líquida:

$$V \left(\frac{m^3}{dia} \right) = \frac{4.432 m^3}{dia} * \frac{0,77 \text{ kg}}{1 m^3} * \frac{1 m^3 \text{ de GNL}}{580 \text{ kg de gas natural}} = 5,88 \frac{m^3 \text{ de GNL}}{dia}$$

- Temps d'autonomia del dipòsit de gas natural = 15 dies
- Reserva del 30% del dipòsit
- Volum dipòsit:

$$V_{dipòsit} = \frac{Volum \text{ en fase líquida} \times Autonomia}{0,70} = \frac{5,88 \left(\frac{m^3}{dia} \right) \times 15 \text{ dies}}{0,70} = 125,99 m^3$$

10.1.7 Cabal màssic de vapor necessari (Biomassa)

La potència que genera la turbina ve donada per l'expressió següent:

$$Potència \text{ elèctrica} = Q * (h_2 - h_3)$$

- Potència que requereix la planta industrial:
Deshidratadora + Fàbrica de pinso + Il·luminat + Oficines = Motor de generació d'energia elèctrica = 2.500 kW
- H₂ = 3.195 kJ/kg
- H₃ = 2.101 kJ/kg

$$Q \left(\frac{kg}{s} \right) = \frac{2.500 \text{ kW}}{(3.195 - 2.101) \text{ kJ/kg}} = 2,285 \frac{kg}{s} * \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 T}{1.000 \text{ kg}} = 8,22 \frac{Tn}{h}$$

10.1.8 Potència tèrmica necessària de la caldera (Biomassa)

La potència tèrmica o calor subministrada al cicle de turbina de vapor, ve donada per l'expressió següent:

$$\text{Potència tèrmica} = Q * (h1' - h2)$$

$$\text{Potència necessària (kW)} = 2,285 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (3.195 - 193,38) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \mathbf{6.858,7 \text{ kW}}$$

Suposant que la caldera no té un rendiment del 100%, sinó que és del 90% s'obté una potència necessària de **7.620,7 kW**.

Ara ja es pot calcular el rendiment del cicle:

$$\text{Rendiment} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{consumida}}} = \frac{2.500 \text{ kW}}{7.620,7 \text{ kW}} = 0,3280 = 32,80\%$$

10.1.9 Quantitat de biomassa requerida (Biomassa)

Com s'ha calculat anteriorment, ja sabem quina és la potència tèrmica necessària de la caldera de vapor per tal de que a la turbina arribi el vapor amb les característiques adients. A partir d'aquesta potència, es calcula la quantitat de biomassa requerida per ser cremada en la caldera.

- PCI = 17.556 kJ/kg (1kcal = 4,18 kJ)
- 1 kW = 1 kJ/s (1 hora = 3.600 segons)
- Potència tèrmica necessària = 7.620,7 kW

$$\text{Biomassa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \frac{\text{Potència tèrmica necessària}}{\text{PCI}}$$

$$\text{Potència tèrmica necessària} = 7.620,7 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = \mathbf{27.434.520 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}$$

$$\text{Biomassa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \frac{27.434.520 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{17.556 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)} = \mathbf{1.562,68 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

10.1.10 Volum del dipòsit de Gas Propà Liquat

Condicions a tenir en compte pel disseny:

- Potència que requereix la planta industrial:
Deshidratadora + Fàbrica de pinso + Il·luminat + Oficines = Motor de generació d'energia elèctrica = 2.500 kW = Pc (Potència a complir)
- A partir de la potència nominal requerida simultània, s'assigna un grau de gasificació (GG) el qual és 3, ja que potència supera els 70 kW. (Veure apartat 10.4 de l'annex)
- Temps de funcionament = 16 hores al dia, 8 mesos a l'any.

- Densitat de Gas Propà a 15°C = 1,87 kg/m³
- Cabal: $Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{Pc \text{ (kW)}}{PCS \left(\frac{kWh}{m^3} \right)} = \frac{2.500 \text{ kW}}{26,32 \text{ kWh/m}^3} = 94,984 = \mathbf{95m^3/h}$
- Consum diari: Cd total = 95m³/h x 16 hores/dia = **1.520m³/dia**
- Relació: 1m³ de propà líquid = 500 kg de Gas Propà
- Volum que ocupa en fase líquida:

$$V \left(\frac{m^3}{dia} \right) = \frac{1.520m^3}{dia} * \frac{1,87 \text{ kg}}{1 m^3} * \frac{1 m^3 \text{ de propà líquid}}{500 \text{ kg de gas propà}} = 5,617 \frac{m^3 \text{ propà líquid}}{dia}$$

- Temps d'autonomia del dipòsit de Gas Propà = 15 dies
- Reserva del 30% del dipòsit
- Volum dipòsit:

$$V_{dipòsit} = \frac{Volum \text{ en fase líquida} \times Autonomia}{0,70} = \frac{5,617 \left(\frac{m^3}{dia} \right) \times 15 \text{ dies}}{0,70} = 120,36 m^3$$

10.1.11 Comandes mensuals

Considerant el volum calculat en l'apartat anterior, s'obtindrà el número de comandes mensuals a realitzar sabent que la capacitat del camió cisterna és d'aproximadament 20.000 kg de GNL segons l'empresa HAM-GNL.

Gas Natural Liquidat (GNL)

Volum = 135m³ (15 dies d'autonomia) ; Volum necessari en un mes = 270m³

Pes específic = 450kg/m³

$$20.000 \text{ kg de GNL} \times \frac{1m^3}{450 \text{ kg}} = 44,44 \frac{m^3}{comanda} ; N^{\circ} \text{ comandes} = \frac{270 m^3}{44,44 m^3} = 6 \text{ comandes}$$

Biomassa

Consum = 1.562,68 kg/h ; Temps d'activitat = 16 h/dia, 8 mesos/any

$$\text{Consum anual} = 1.562,68 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 16 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} * 8 \frac{\text{mes}}{\text{any}} = 6.000,69 \frac{\text{Tn}}{\text{any}}$$

Gas Propà (GLP)

Volum = 130m³ (15 dies d'autonomia) ; Volum necessari en un mes = 260m³

Pes específic = 500kg/m³

$$20.000 \text{ kg de GLP} \times \frac{1m^3}{500 \text{ kg}} = 40 \frac{m^3}{comanda} ; N^{\circ} \text{ comandes} = \frac{260 m^3}{40 m^3} = 6,5 \approx \mathbf{7 \text{ comandes}}$$

10.2 Càlculs costos consums anuals

Situació actual (Fuel Oil)

Es nota que el preu mitjà al llarg dels últims 6 mesos (€/galó) és de **1,49 €/galó** i utilitzant el factor de conversió de **1 galó = 3,78 L** s'obté un preu mitjà unitari de 0,3941 €/L.

Per tant, tenint un consum de Fuel Oil de 185.771 L/mes i sabent que el seu preu és de 0,3941 €/L s'obté un cost en el seu consum de 73.227,19 €/mes. Extrapolant-ho anualment (8 mesos d'activitat) i sumant l'impost d'electricitat (19.558 €) s'obté **605.376 €**.

Nova situació Fuel Oil

Es calcula la quantitat de Fuel Oil que es consumeix al Motor escollit amb rendiment del 95% per satisfer la demanda de 2.500 kW.

$$\text{Fuel Oil} \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) = \frac{\text{Potència}}{\text{PCI} * \text{Rendiment}} = \frac{2.500 \text{ kW}}{40.964 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0,95} = 0,0642 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{Consum} \left(\frac{\text{L}}{\text{hora}} \right) = 0,0642 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 3.600 \frac{\text{s}}{\text{hora}} * \frac{\text{L}}{0,94 \text{ kg}} = 246,03 \text{ L/hora}$$

Tenint en compte que es treballa 16 hores al dia, 30 dies al mes i 8 mesos a l'any, s'obté :

$$\text{Cost anual} (\text{€}) = 246,03 \frac{\text{L}}{\text{hora}} * 16 \frac{\text{hores}}{\text{dia}} * 30 \frac{\text{dies}}{\text{mes}} * 8 \frac{\text{mesos}}{\text{any}} * 0,3941 \frac{\text{€}}{\text{L}} = 372.328 \text{ €}$$

El cost anual amb el motor proposat de Fuel Oil considerant l'impost d'electricitat (12.432 €) és de **384.760 €**.

Gas Natural Liqueat (GNL)

Havent de fer 6 comandes mensuals de 20.000kg de GNL amb un preu orientatiu de 0,38 €/kg, s'obté un cost mensual de 45.600 €. Extrapolant-ho anualment (8 mesos d'activitat) i sumant-li l'impost d'electricitat (39.744 €) s'obté **404.544 €**.

Biomassa

Tenint una demanda de 6.000,69 Tn/any, un cost unitari de la biomassa en forma d'estella de 43 €/Tn comptabilitzant el transport fins la planta (distància menor a 50 km del punt de recollida), el cost anual considerant l'impost d'electricitat (12.909 €) és de **270.938 €**.

Gas Propà (GLP)

Havent de fer 7 comandes mensuals de 20.000 kg de GLP amb un preu orientatiu de 0,5 €/kg, s'obté un cost mensual de 70.000 €. Extrapolant-ho anualment (8 mesos d'activitat) i sumant-li l'impost d'electricitat (64.366 €) s'obté **624.366 €**.

10.3 Ubicació de les tres respectives plantes

Al següent plànol es pot observar com seria l'entrada a la planta satèl·lit de GNL, planta de biomassa i planta de Gas Propà, ja que aquestes necessiten un espai suficient per poder emmagatzemar el combustible i tenir accessibilitat per l'arribada de camions cisterna, juntament amb la distribució de tota la planta industrial respectant la normativa.



Figura 40. Plànol de la ubicació de les plantes.

També s'ha de tenir en compte pels tres projectes diferents, la localització geogràfica de la planta industrial, ja que s'ha de considerar la zona climàtica en la qual es vol dur a terme la instal·lació. A continuació s'il·lustra el mapa climatològic de la península Ibèrica basat en la Norma bàsica d'edificació NBE –CT 79.

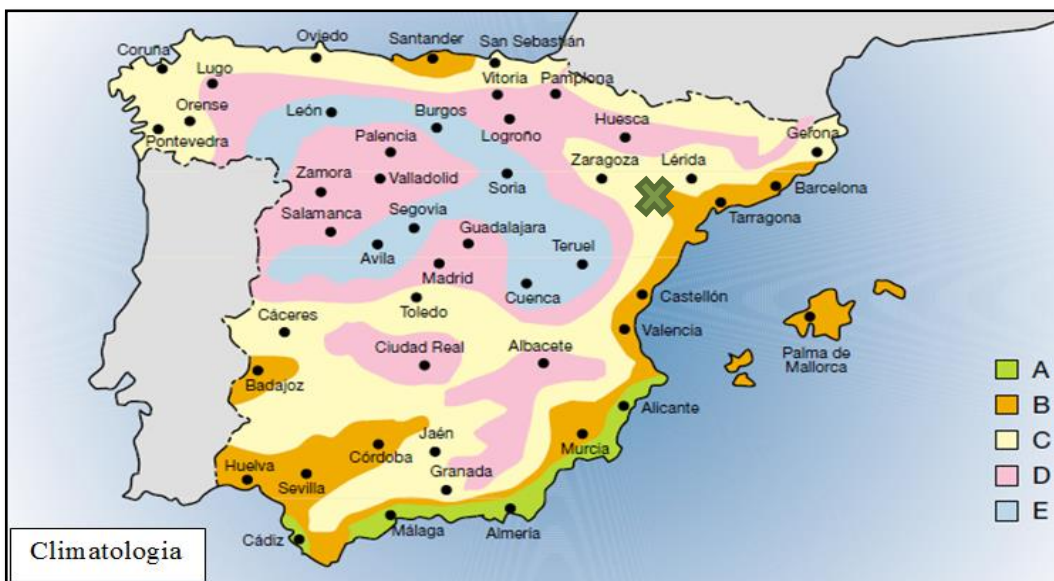


Figura 41. Mapa climatològic de la Península Ibèrica.

Com es pot apreciar, l'estudi de la planta industrial agroalimentària es localitza en la zona C. Això implica que segons la norma UNE 100 002/88 per a una temperatura base 15°C, els graus-dia (Gd) estan compresos entre $801 < Gd < 1.300$.

10.4 Normes (ISO, UNE i altres)

10.4.1 Planta satèl·lit de Gas Natural Liquefiet

A continuació se citaran les distàncies de seguretat mínimes per poder construir la planta respectant el que diu la norma UNE 60210:2011. S'ha de tenir en compte la dimensió de la planta a construir, per tant en el nostre cas, es tracta d'una planta amb un dipòsit de tipus D, ja que es necessita una capacitat d'uns 100-130 m³.

Las plantas satélites se clasifican según la capacidad geométrica conjunta de almacenamiento:

A	Capacidad	a partir de 1 m ³ hasta 5 m ³
B	A partir de 5	hasta 20 m ³
C	A partir de 20	hasta 60 m ³
D	A partir de 60	hasta 200 m ³
E	A partir de 200	hasta 400 m ³
F	A partir de 400	hasta 1500 m ³

En la tabla 1 se indican las distancias que los depósitos deben mantener respecto a los siguientes elementos.

Tabla 1 – Distancias de seguridad

Distancias en m

Capacidad total instalada	A	B	C	D	E	F
Elementos						
Aberturas de inmuebles, sótanos, alcantarillas o desagües	5	10	15	20	20	25
Motores, interruptores (no antideflagrantes), depósitos de materiales inflamables	5	10	15	15	15	15
Proyección líneas eléctricas	10	15	15	15	15	15
Límite de propiedad, vías públicas, carreteras, ferrocarriles, focos fijos de inflamación	10	10	15	25	30	35
Aberturas de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc.	10	20	30	45	60	60

Figura 42. Normativa extreta de la norma UNE 60210.

10.4.2 Planta de Gas Propà (GLP)

A la norma UNE 60670 apartat 4, es troben els diferents graus de gasificació per la construcció i disseny de la planta.


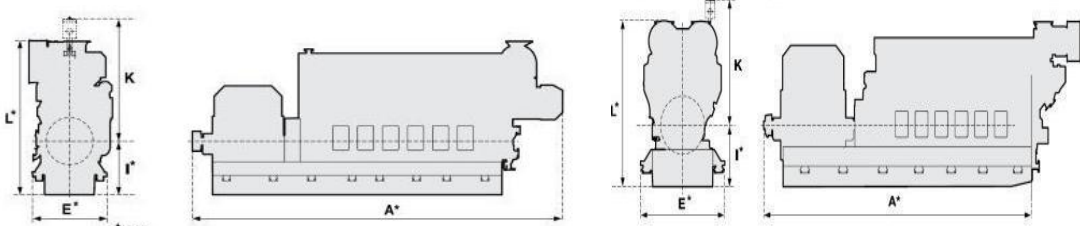
Grado de gasificación de los locales

Grado	Potencia de diseño de la instalación individual (P _i)	
	en kW	en kcal/h
1	P _i ≤ 30	P _i ≤ 25 800
2	30 < P _i ≤ 70	25 800 < P _i ≤ 60 200
3	P _i > 70	P _i > 60 200

Figura 43. Normativa extreta de la UNE 60670.


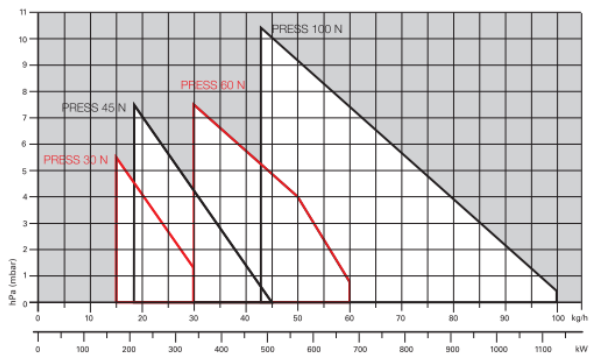
10.5 Fuel Oil

10.5.1 Característiques del motor de generació d'energia elèctrica

Grup Motor	WÄRTSILÄ	
Model	6L34DF	
Potència nominal	2.890 kW	
Pressió efectiva	22 bar	
Preu d'adquisició	900.000€	
Llargada (A*)	8,765 m	
Amplada (E*)	2,29 m	
Alçada (L*)	4 m	
Pes sec	60.000 kg	
Rendiment	95-97%	
		

Taula 29. Característiques del motor de generació d'energia elèctrica (Fuel Oil).

10.5.2 Característiques del cremador

Grup	Riello	
Model	Press 30N	
Potència nominal	171-342 kW	
Pressió màxima de Fuel Oil	5,5 mbar	
Preu d'adquisició	3.500€	
		

Taula 30. Característiques del cremador (Fuel Oil).


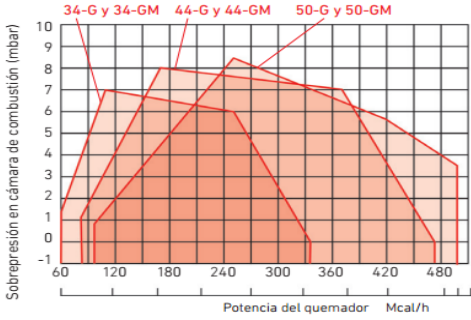
10.6 Gas Natural

10.6.1 Característiques del motor de generació d'energia elèctrica

Grup Motor	MWM	
Model	TCG 2032 V16	
Potència nominal	3.800 kW	
Temperatura de gasos de combustió	479°C	
Preu d'adquisició	950.000 €	
Llargada	9,2 m	
Amplada	2,69 m	
Altura	3,39 m	
Pes sec	51400 kg	
Temps primer servei	4.000 hores	
Temps neteja del refrigerador	20.000 hores	
Temps a inspeccionar la culata	40.000 hores	
Temps de grans reparacions	80.000 hores	

Taula 31. Característiques del motor de generació d'energia elèctrica (GNL).


10.6.2 Característiques del cremador

Grup	BAXI	
Model	Tecno 44-G	
Cabal nominal	200-550 kg/h	
Pressió mínima Gas Natural	7,1 mbar	
Preu d'adquisició	3.238 €	
		

Taula 32. Característiques del cremador (GNL).

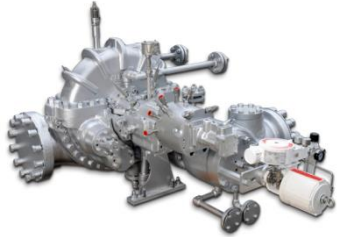
10.7 Biomassa

10.7.1 Característiques de la caldera de vapor

Caldera	BINDER	
Model	RRK 6-7M	
Potència tèrmica nominal	6.000 - 7.000 kW	
Producció de vapor saturat	8000 kg/h	
Temperatura sortida economitzador	263 °C	
Temperatura sortida vaporitzador	263 °C	
Temperatura sortida sobre-escalfador	399 °C	
Temperatura màxima del vapor sat.	450 °C	
Pressió màxima del vapor saturat	45 bar	
Rendiment	85-90%	
Components de la caldera	Sistema autònom d'alimentació, sistema de gasos, ventilador de tiro, xemeneia, sistema de generació del vapor incloent economitzador i evaporador, sistema de neteja d'escòria i cendres.	
Preu d'adquisició	60.000 €	

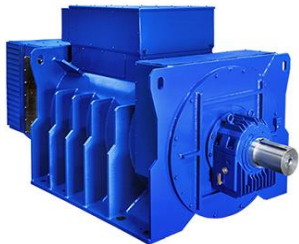
Taula 33. Característiques de la caldera de vapor (Biomassa).

10.7.2 Característiques de la turbina

Grup Turbina	Elliott Turbine Group	
Model	BYRH	
Potència nominal	2.237 kW	
Velocitat angular	7.090 rpm	
Components de la turbina	Sistema autocontrol, proteccions turbina, actuadors i sensors de camp	
Pressió màxima	25,9 bar	
Pes	1.050 kg	
Preu d'adquisició	35.000 €	


Taula 34. Característiques de la turbina d'expansió (Biomassa).

10.7.3 Característiques del generador

Grup Generador	Marelli Motori	
Model	MJH 500 MA4	
Potència nominal	Fins 12.500 kVA	
Components del generador	Mecanismes d'excitació, cablejat i automatització	
Preu d'adquisició	15.000 €	
Material	Acer al carboni	
Procés de conformat	Laminació	

Taula 35. Característiques del generador (Biomassa).


10.7.4 Característiques de la torre de refrigeració i condensació

Grup Torre de Refrigeració	ESCHER WYSS	
Model	EWK 900	
Potència nominal de dissipació	1.600 kW	
Cabal volumètric	160 m ³ /h	
Components de la torre	Tractament d'aigua, cablejat,	
Pes en servei	6.400 kg	
Pes al buit	1.600 kg	
Preu d'adquisició	50.000 €	

Taula 36. Característiques de la torre de refrigeració i condensació (Biomassa).


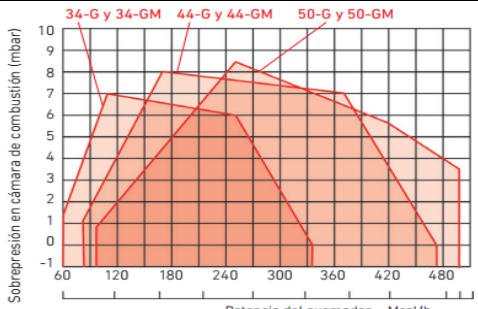
10.8 Gas Propà (GLP)

10.8.1 Característiques del motor de generació d'energia elèctrica

Grup Motor	CAT (Caterpillar)	
Model	G3412	
Potència nominal	453 kW	
Multi-combustible	Gas natural, Gas propà i biogàs	
Preu d'adquisició	182.960 €	
Llargada	4,542 m	
Amplada	2,238 m	
Altura	2,189 m	
Pes sec	4.384 kg	

Taula 37. Característiques del motor de generació d'energia elèctrica (Gas Propà).

10.8.2 Característiques del cremador

Grup	BAXI	
Model	Tecno 44-G	
Cabal nominal	200-550 kg/h	
Pressió mínima Gas Natural	10,7 mbar	
Preu d'adquisició	3.315 €	
		

Taula 38. Característiques del cremador (Gas Propà).

10.9 Viabilitat econòmica

10.9.1 Fuel Oil

A continuació, s'il·lustra la taula d'amortització de l'alternativa Fuel Oil.

Període	0	1	2	3	4
Estalvi anual	0	220616	220616	220616	220616
Inversió	964500	0	0	0	0
Flux de tresoreria	-964500	220616	220616	220616	220616
Flux de tresoreria acumulat	-964500	-743884	-523268	-302652	-82036
Flux de tresoreria actualitzat	-964500	220245,0706	219874,7648	219505,0817	219136,0201

5	6	7	8	9	10
220616	220616	220616	220616	220616	220616
0	0	0	0	0	0
220616	220616	220616	220616	220616	220616
138580	359196	579812	800428	1021044	1241660
218767,579	218399,757	218032,554	217665,9685	217299,999	216934,645

Taula 39. Taula d'amortització (quantitats en €) Fuel Oil.

A partir de la qual s'obtenen els següents indicadors:

VAN	1.221.361€
TIR	19%
Taxa d'interès	0,168%
Payback	5 anys

Com s'ha comentat en l'apartat 6.8, el plantejament de la rendibilitat del projecte depèn de la situació en què es trobi l'entitat i la societat, per tant consegüentment s'il·lustra un gràfic per veure com evoluciona el VAN en funció de la taxa d'interès.

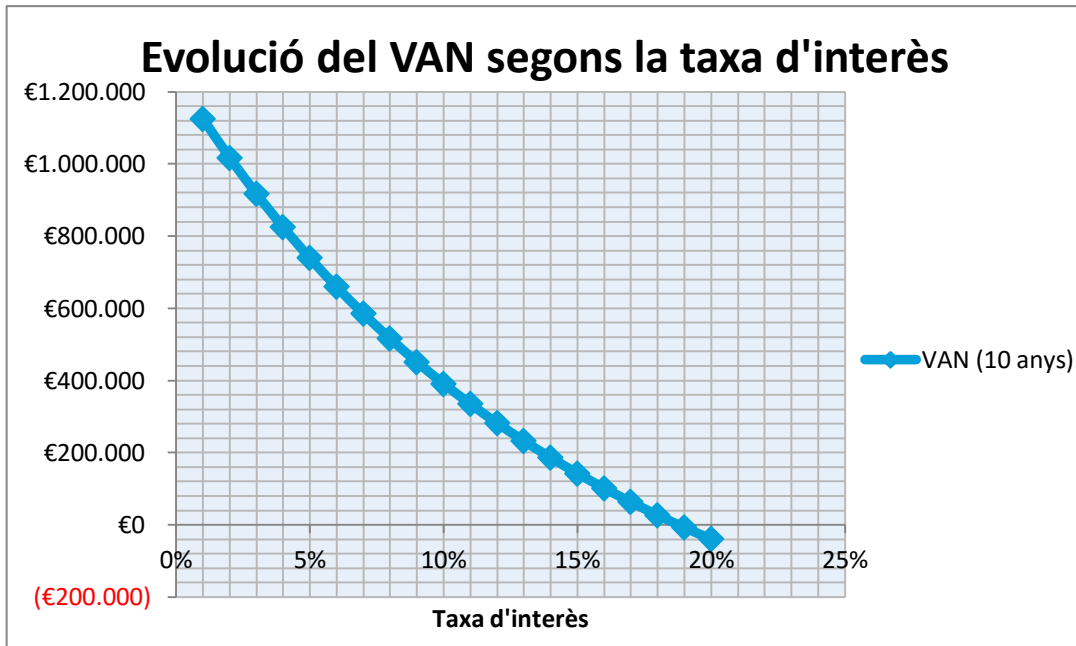


Figura 44. Evolució del VAN (Fuel Oil) segons la taxa d'interès.

10.9.2 Gas Natural Liquat (GNL)

A continuació, s'il·lustra la taula d'amortització de l'alternativa Gas Natural Liquat (GNL).

Període	0	1	2	3	4
Estalvi anual	0	200832	200832	200832	200832
Inversió	1048388	0	0	0	0
Flux de tresoreria	-1048388	200832	200832	200832	200832
Flux de tresoreria acumulat	-1048388	-847556	-646724	-445892	-245060
Flux de tresoreria actualitzat	-1048388	200494,3341	200157,236	199820,705	199484,739

5	6	7	8	9	10
200832	200832	200832	200832	200832	200832
0	0	0	0	0	0
200832	200832	200832	200832	200832	200832
-44228	156604	357436	558268	759100	959932
199149,338	198814,502	198480,228	198146,5161	197813,365	197480,775

Taula 40. Taula d'amortització (quantitats en €) GNL.

A partir de la qual s'obtenen els següents indicadors:

VAN	941.453 €
TIR	14%
Taxa d'interès	0,168%
Payback	6 anys

Com s'ha comentat en l'apartat 6.8, el plantejament de la rendibilitat del projecte depèn de la situació en què es trobi l'entitat i la societat, per tant consegüentment s'il·lustra un gràfic per veure com evoluciona el VAN en funció de la taxa d'interès.

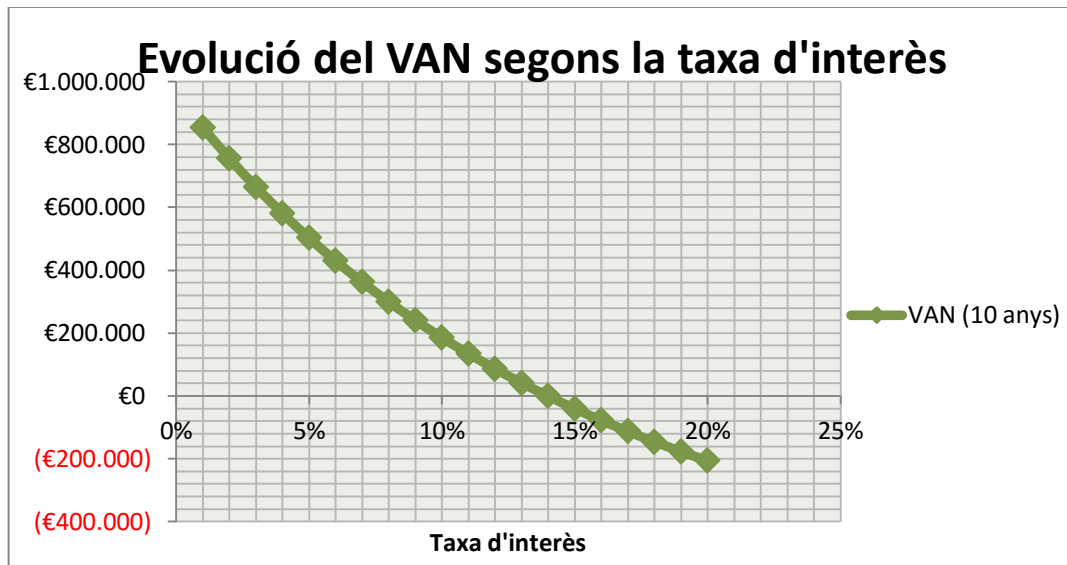


Figura 45. Evolució del VAN (Gas Natural) segons la taxa d'interès.

10.9.3 Biomassa

A continuació, s'il·lustra la taula d'amortització de l'alternativa Gas Natural Liquat (GNL).

Període	0	1	2	3	4
Estalvi anual	0	334807	334807	334807	334807
Inversió	916500	0	0	0	0
Flux de tresoreria	-916500	334807	334807	334807	334807
Flux de tresoreria acumulat	-916500	-581693	-246886	87921	422728
Flux de tresoreria actualitzat	-916500	334244,0773	333682,101	333121,07	332560,981

5	6	7	8	9	10
334807	334807	334807	334807	334807	334807
0	0	0	0	0	0
334807	334807	334807	334807	334807	334807
757535	1092342	1427149	1761956	2096763	2431570
332001,835	331443,629	330886,361	330330,0301	329774,635	329220,173

Taula 41. Taula d'amortització (quantitats en €) Biomassa.

A partir de la qual s'obtenen els següents indicadors:

VAN	2.400.764 €
TIR	35%
Taxa d'interès	0,168%
Payback	3 anys

Com s'ha comentat en l'apartat 6.8, el plantejament de la rendibilitat del projecte depèn de la situació en què es trobi l'entitat i la societat, per tant consegüentment s'il·lustra un gràfic per veure com evoluciona el VAN en funció de la taxa d'interès.

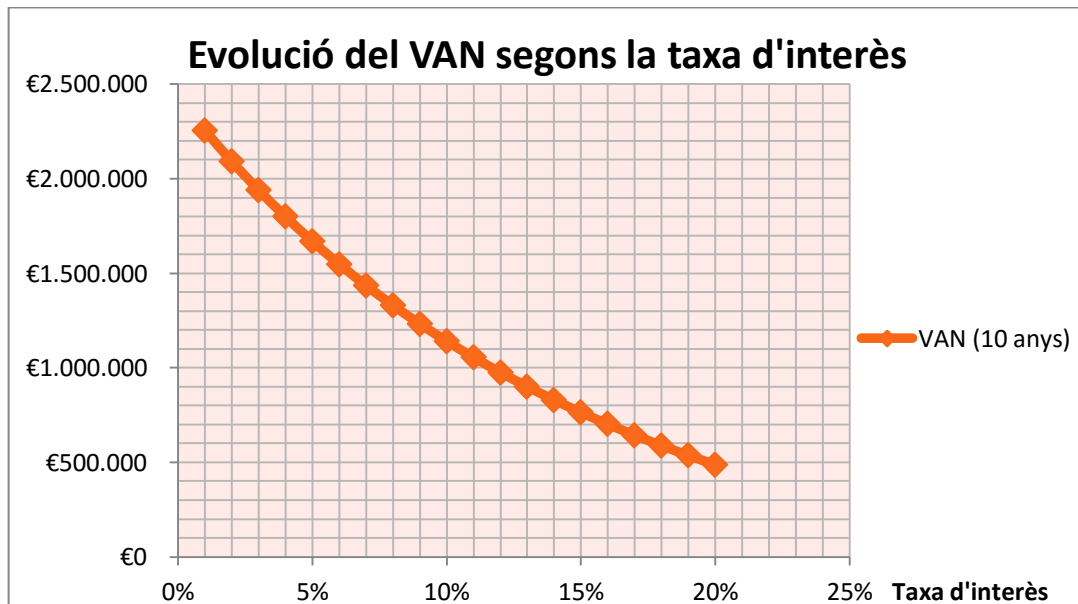


Figura 46. Evolució del VAN (Biomassa) segons la taxa d'interès.

10.9.4 Gas Propà (GLP)

A continuació, s'il·lustra la taula d'amortització de l'alternativa Gas Natural Liquat (GNL).

Període	0	1	2	3	4
Estalvi anual	0	-18.990	-18.990	-18.990	-18.990
Inversió	1196225	0	0	0	0
Flux de tresoreria	-1196225	-18990	-18990	-18990	-18990
Flux de tresoreria acumulat	-1196225	-1215215	-1234205	-1253195	-1272185
Flux de tresoreria actualitzat	-1196225	-18958,0715	-18926,196	-18894,33	-18862,65

5	6	7	8	9	10
-18.990	-18.990	-18.990	-18.990	-18.990	-18.990
0	0	0	0	0	0
-18990	-18990	-18990	-18990	-18990	-18990
-1291175	-1310165	-1329155	-1348145	-1367135	-1386125
-18830,8932	-18799,2321	-18767,6243	-18736,06965	-18704,568	-18673,1194

Taula 42. Taula d'amortització (quantitats en €) GLP.

A partir de la qual s'obtenen els següents indicadors:

VAN	-1.384.377 €
TIR	0%
Taxa d'interès	0,168%
Payback	mai

Com s'ha comentat en l'apartat 6.8, el plantejament de la rendibilitat del projecte depèn de la situació en què es trobi l'entitat i la societat, per tant consegüentment s'il·lustra un gràfic per veure com evoluciona el VAN en funció de la taxa d'interès.

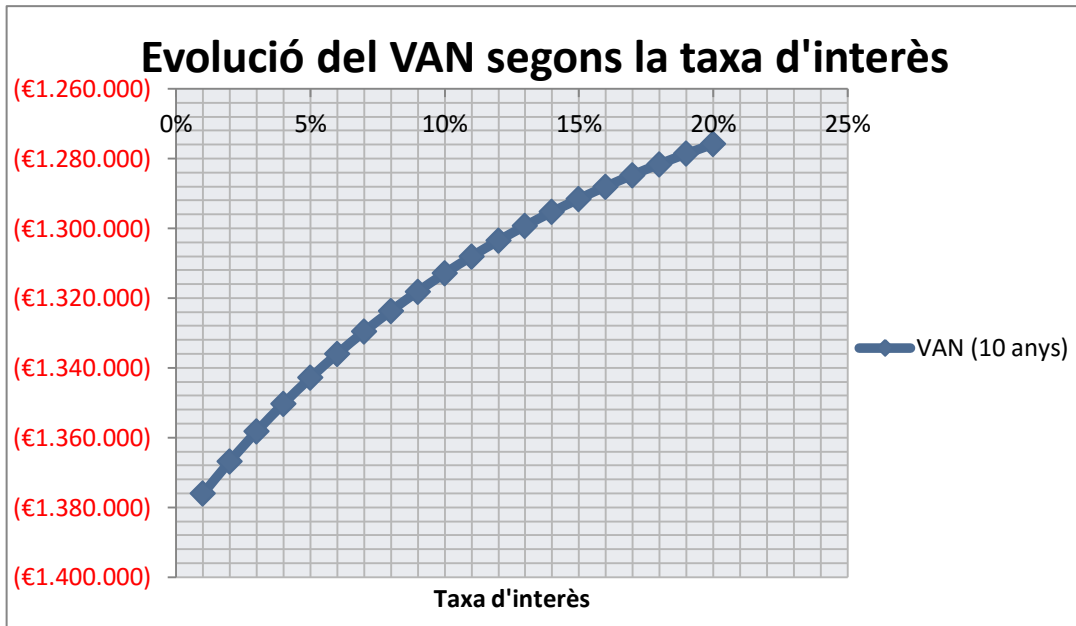


Figura 47. Evolució del VAN (Gas Propà) segons la taxa d'interès.