

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Instal·lació d'un mòdul de cogeneració amb un motor generador a gas natural de 50 kW en un poliesportiu

Document: 1. Memòria

Alumne: Javi Pérez Saavedra

Director/Tutor: Sergio Herraiz Jaramillo

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria elèctrica

Convocatòria (mes/any): setembre/2019

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Antecedents.....	4
1.2. Objecte	4
1.3. Especificacions i abast.....	5
2. DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA INSTAL·LACIÓ	6
3. ESPECIFICACIONS DELS EQUIPS PRINCIPALS.....	7
3.1. Mòdul de cogeneració 2G-g-box 50.....	7
3.1.1. Característiques constructives del mòdul compacte 2G-g-box 50.....	8
3.1.2. Motor alternatiu de gas natural	9
3.1.3. Alternador.....	10
3.1.4. Instal·lació hidràulica interna del mòdul g-box.50	11
3.1.4.1. Intercanviador de calor aigua-aigua	11
3.1.4.2. Recuperador tèrmic dels gasos d'escapament	12
3.1.5. Silenciador.....	12
3.1.6. Sistema ventilació del mòdul g-box.50.....	13
3.1.7. Tanc d'oli de lubricació motor	13
3.1.8. Altres equips i sistemes	14
3.2. Instal·lació hidràulica externa al mòdul g-box-50	14
3.2.1. Connexió al circuit tèrmic existent.....	14

3.3. Xemenieia de gasos d'escapament.....	14
3.4. Instal·lació de gas natural.....	15
3.5. Instal·lació elèctrica.....	16
3.5.1. Sistema de mesura.....	16
3.5.2. Equip de protecció de la interconnexió	16
3.5.3. Quadres de regulació, protecció, control i sincronisme	17
3.5.3.1. Procés de sincronisme.....	17
3.5.4. Sistema d'equips auxiliars	18
3.5.5. Línies elèctriques de baixa tensió	18
3.5.6. Xarxa de posada a terra	19
3.6. Instal·lació del sistema de ventilació.....	20
4. ESTUDI ENERGÈTIC.....	21
5. ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMIC.....	22
5.1. Inversió.....	22
5.2. Costos de manteniment.....	22
6. BALANÇ ECONÒMIC	23
6.1. Retonr de la inversió.....	23
7. RESUM DEL PRESSUPOST.....	25
8. CONCLUSIÓ	26
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS	27

10. BIBLIOGRAFIA.....	28
11. GLOSSARI.....	29
A. CÀLCULS.....	30
A.1. Càlculs elèctrics.....	30
A.2. Càlculs de ventilació	31
A.2.1. Superfície element de baixa resistència mecànica.....	32
A.2.2. Entrada d'aire per combustió i ventilació.....	32
A.2.3. Ventilació superior de la sala	33
B. ESTUDI ENERGÈTIC	33
B.1. Demanda elèctrica actual	33
B.2. Producció elèctrica	34
B.3. Estalvi econòmic consum d'electricitat amb el grup de cogeneració	36
B.4. Demanda tèrmica actual.....	37
B.5. Selecció de l'equip de cogeneració.....	39
B.6. Programació de funcionament de la planta de cogeneració.....	41
B.7. Producció tèrmica	42
B.8. Consum de gas natural.....	43
B.9. Cost econòmic consum de gas natural	43

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

En el terme municipal de Roses, ctra. Mas Oliva, 39, es situa l'equipament poliesportiu Piscina Municipal de Roses, amb una demanda tèrmica important per a cobrir les necessitats d'ACS, calefacció i climatització d'aigua i aire d'una piscina.

Es pretén cobrir part d'aquesta demanda tèrmica amb la instal·lació d'un mòdul de cogeneració basat en un motor de gas natural que pot aportar una potència tèrmica de 100 kW al sistema d'aigua calenta existent. Aquest motor també generarà energia elèctrica per autoconsum, amb una potència de 50 kW.

Amb la implantació d'aquest mòdul de cogeneració, es pretén aconseguir un estalvi energètic primari, i per tant minimitzar, des d'un marc global, les emissions atmosfèriques, assolint aquest propòsit mitjançant l'adopció d'una tècnica que exhibeix una eficiència energètica molt notable.

L'elecció del gas natural com a combustible per al motogenerador, correspon bàsicament a un criteri mediambiental i econòmic. L'ús d'aquest combustible, a causa de les seves excel·lents qualitats fisicoquímiques, induirà una notable minimització de les afeccions al medi ambient, especialment considerant les relatives al medi atmosfèric.

1.2. Objecte

L'objecte del present projecte és el de definir i dimensionar les instal·lacions necessàries per a la realització d'una central de producció d'energia tèrmica i elèctrica basada en un mòdul de cogeneració de gas natural al poliesportiu Piscina Municipal de Roses.

En relació amb el projecte de generació elèctrica i aprofitament tèrmic a partir del gas natural, es pretén que la futura central de generació elèctrica disminueixi els costos energètics del poliesportiu de Roses, així com reduir el consum d'energia primària, aportar un alt rendiment i així, demostrar que és factible energèticament i econòmicament instal·lar una central de generació elèctrica, amb un moto generador de gas natural amb una potència elèctrica total de 50 kW.

1.3. Especificacions i abast

L'abast d'aquest document és descriure i dissenyar una planta de cogeneració de 50 kW per el Poliesportiu Municipal de Roses, amb la finalitat d'autoconsumir l'electricitat generada i reduir el consum de les calderes de gas existents aprofitant l'energia tèrmica que genera la planta de cogeneració.

Complint amb les especificacions del peticionari, des de la producció del mòdul fins al comptador d'energia produïda.

La instal·lació es trobarà en el Poliesportiu Municipal de Roses, propietat d'aquest municipi.

La instal·lació descrita en el present projecte complirà en tot moment la Reglamentació Oficial vigent així com les Normes Complementàries de la Companyia distribuïdora de la zona, de manera que acabada i havent complert els tràmits oficials pertinents podrà entrar en servei.

2. DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA INSTAL·LACIÓ

La tecnologia utilitzada a la planta de cogeneració a construir està basada bàsicament en un motor de combustió interna a gas natural de tipus alternatiu. Aquest motor acciona un alternador, units mitjançant acoblament, que transforma l'energia mecànica en elèctrica.

El sistema de cogeneració adoptat està basat en un mòdul compacte amb potència elèctrica contínua de 50 kW i funcionarà en sincronisme amb la xarxa elèctrica.

Tots els equips s'instal·laran en un recinte dins de l'edifici del poliesportiu Piscina Municipal de Roses.

La planta de generació elèctrica estarà integrada pels següents elements:

Un mòdul de cogeneració de gas natural g-box 50 per a una producció de 50 kW elèctrics i 100 kW tèrmics. Inclou el motor-alternador, generador elèctric, bancada, intercanviadors de calor (circuit de refrigeració i circuit gasos), silenciós gasos escapament, bombes dels circuits de refrigeració, i tot confinat en una cabina aïllada acústicament.

Un intercanviador de calor, integrat dins del mòdul de cogeneració, que aporta un màxim de 100 kW tèrmics al circuit d'aigua calenta existent, amb el seu propi bypass de regulació i bomba.

Quadres elèctrics i de control, que comptaran amb qualsevol restricció de elèctriques dels generadors, proteccions dels receptors, elements de comandament i control dels equips, autòmat programable PLC amb interfase home màquina (HMI) i l'adequada envoltant metàl·lica per contenir tots els components.

Accessoris i instrumentació local, de seguretat i de control.

Les instal·lacions elèctriques de baixa tensió d'enllaç entre la central de cogeneració amb la xarxa de la companyia elèctrica de distribució.

3. ESPECIFICACIONS DELS EQUIPS PRINCIPALS

A continuació es detallen les característiques dels equips principals de la instal·lació:

3.1. Mòdul de cogeneració g-box 50

Es tracta d'un mòdul de cogeneració que inclou principalment el motor-alternador, bancada, intercanviadors (circuit refrigeració i circuit gasos), silenciós gasos d'escapament, bombes dels circuits de refrigeració, i tot confinat en una cabina aïllada acústicament.

La calor residual generat pel mòdul de cogeneració (refrigeració bloc motor, culates, postenfriador d'aire d'admissió i refredament dels gasos d'escapament) servirà, al sortir, com a energia tèrmica en forma d'aigua calenta que es transmetrà a través d'un intercanviador de calor al circuit de calderes existent en les actuals instal·lacions del poliesportiu Piscina Municipal de Roses.

L'aprofitament de la calor residual del motor es realitza en dues etapes en sèrie dins el mateix mòdul compacte, com es pot observar en l'esquema de funcionament inclòs en el document de plànols del present projecte.

En una primera etapa, s'aprofitarà la calor de refrigeració del bloc motor, culates, oli de lubricació i postenfriador d'aire d'admissió del motor recuperant 46 kW a través del circuit d'aigua de refrigeració i 2 kW a través del refrigerador del generador. Aquesta calor serà recollit pel circuit primari d'aigua de refrigeració del grup.

En la segona etapa de recuperació, els gasos d'escapament del motor augmentaran la temperatura de l'aigua del circuit primari del grup a través del recuperador de calor de gasos d'escapament recuperant 52 kW.

Finalment, a través d'un intercanviador de plaques de 100 kW es transmet la calor del circuit primari d'aigua de refrigeració del grup al circuit existent d'ACS, climatització d'aigua i aire d'una piscina i calefacció de les instal·lacions esportives. En aquest punt s'ha d'incrementar la temperatura de retorn del circuit tèrmic de 70°C fins a 85°C a la impulsió a les instal·lacions existents.

La temperatura de retorn del circuit de refrigeració del motor es regula amb una vàlvula de 3 vies que refreda el circuit primari del grup fins a la temperatura desitjada en el cas que la temperatura d'aigua de retorn del circuit tèrmic existent sigui superior a 70 °C.

Així doncs, la producció màxima d'aigua calenta amb el mòdul de cogeneració serà:

Producció màxima d'aigua calenta	
Cabal d'aigua:	3 - 10 m ³ / h
Temperatura sortida mòdul:	85 °C
Temperatura retorn mòdul:	70 °C
Energia tèrmica recuperada total:	100 kW

Taula 1. Característiques producció aigua calenta

3.1.1. Característiques constructives del mòdul compacte g-box 50

El mòdul de cogeneració compacte serà instal·lat en un recinte tancat habilitat com a central de cogeneració.

El motor i alternador s'instal·laran en una bancada metàl·lica i tot el conjunt es tancarà dins d'una cabina acústica, realitzada en xapa metàl·lica pintada, amb aïllament tèrmic i acústic per la seva part interior, que aconseguix una pressió sonora de 65 dB (A) a 10 metres de l'equip.

Fàcil accessibilitat interior amb panells de tancament lateral amb mecanisme d'obertures de ràpid ancoratge que permeti realitzar un correcte manteniment.

Protegit amb un conjunt de sensors i alarmes per salvaguardar el bon funcionament de l'equip davant anomalies imprevistes.

Les dimensions del grup seran: 3270 mm x 1150 mm x 1908 (llarg x ample x alt).

El mòdul inclourà els següents equips principals:

Dades tècniques del mòdul de cogeneració g-box 50	
Motor alternatiu a gas natural	
Alternador	
Instal·lació mecànica de tots els equips i de connexió de canonades	

Dades tècniques del mòdul de cogeneració g-box 50
Intercanviadors: aigua-aigua, aigua-gasos
Silenciador dels gasos d'escapament
Bomba circuit primari de refrigeració del motor
Bomba circuit de la barreja
Bomba circuit tèrmic a connectar amb les instal·lacions existents
Vàlvula de 3 vies per controlar la temperatura de l'aigua del circuit tèrmic
Sistema de preescalfament d'aigua circuit primari
Ventilació del mòdul
Sistema d'emmagatzematge, ompliment, buidatge i control de nivell automàtic d'oli
Rampa de gas natural

Taula 2. Característiques mòdul cogeneració

3.1.2. Motor alternatiu de gas natural

Es tracta d'un motor del fabricant MAN a gas natural, de 4 temps, de cicle Otto, encesa per bugia, turbocomprimido, refrigerat per aigua, velocitat de gir a règim nominal 1.500 rpm.

El sistema de refrigeració principal és mitjançant un circuit d'aigua de circulació forçada, amb bomba accionada per motor elèctric. El sistema d'oli de lubricació és de circulació forçada mitjançant una bomba d'engranatges d'accionament mecànic, refrigeració mitjançant aigua del circuit de refrigeració del motor i filtre d'oli en el circuit principal. L'arrencada del motor es realitza mitjançant motor elèctric a 24 V DC.

Les dades tècniques del motor són:

Dades tècniques del motor	
Marca	MAN
Model	E 0834 E 302
Règim de gir (rpm)	1.500
Ràtio compressió	13: 1
Pressió mitjana efectiva (bar)	9,4
Disposició motor	4 cilindres en línia
Sistema aspiració	Turbocompressor
Potència mecànica contínua (kW)	54
Consum de combustible (kW)	145
Consum d'oli (g/kWh)	0,3
Rendiment mecànic (%)	37,0
Temperatura gasos d'escapament (°C)	616
Contrapressió màxima escapament (mbar)	50

Taula 3. Característiques motor alternatiu de gas natural

3.1.3. Alternador

Es tracta d'un generador asíncron, d'acoblament directe, trifàsic, sense escombretes, autoventilat, refrigerat per aire, bobinat en increments 2/3 i aïllat amb material classe H.

L'estructura mecànica, de construcció robusta permet fàcil accés a totes les parts. Carcassa amb laminat en l'estator. Rotor amb eix equilibrat dinàmicament.

La supressió d'interferències és conforme a la norma EN 55011, grup 1, classe B.

L'alternador disposa de regulador electrònic del $\cos \varphi$ i regulador electrònic de voltatge. La precisió de regulació de voltatge és de +/- 10%. El factor de potència és regulable entre 0,96 ind. / 0,83 ind., permetent només la generació d'energia reactiva inductiva (sobreeixcitació)

El corrent admissible de curtcircuit trifàsic en borns és de tres vegades la intensitat nominal per 10 segons.

Sobrecàrrega admissible segons IEC 34 / VDE 0530.

Les dades tècniques de l'alternador són les següents:

Alternador Emod	
Marca	Emod
Model	WKASYG 250/4-330T-GG
Velocitat síncrona	1.517 rpm
Potència aparent	52/60 kVA
Tensió	400 V
Freqüència	50 Hz
Rendiment a plena càrrega ($\cos \varphi = 0,83$)	94,8%
Temperatura ambient	85 °C
Grau de protecció	IP 54
Pes	630 kg

Taula 4. Característiques tècniques alternador

3.1.4. Instal·lació hidràulica interna del mòdul g-box-50

El circuit primari de refrigeració del motor, es trobarà íntegrament dins el mòdul, inclourà els elements necessaris per a un circuit tancat: dipòsit d'expansió, dispositius de farciment, vàlvules de seguretat, vàlvula de tres vies de mescla, canonades, purgues d'aire, vàlvules de buidatge així com el sistema d'ompliment d'aigua. S'instal·laran sensors i indicadors locals de temperatura i pressió en els circuits, per a realitzar les funcions de control, protecció i mesurament que es requereixin.

Aquest circuit primari d'aigua calenta, que recupera la calor del bloc del motor, culates, oli de lubricació, postenfriador d'aire d'admissió i gasos d'escapament, aportarà l'energia tèrmica al circuit d'ACS, climatització d'aigua i aire d'una piscina i calefacció de dependències a través d'un intercanviador de calor aigua-aigua, situat també dins del propi mòdul de cogeneració.

S'instal·laran sensors i indicadors de temperatura, pressió i cabal per a realitzar el comptatge de l'energia tèrmica recuperada.

3.1.4.1. Intercanviador de calor aigua-aigua

En el circuit primari d'aigua motor, s'instal·larà un intercanviador de plaques aigua-aigua, que aprofitarà la calor residual del motogenerador cedint al circuit secundari d'ACS, climatització d'aigua i aire d'una piscina i calefacció.

Aquest intercanviador de calor estarà constituït per plaques d'acer inoxidable soldades amb coure, produint un flux altament turbulent de l'aigua que permetrà una excel·lent transmissió de calor.

A través de la unió de les plaques d'acer inoxidable es constituïran dos canals de flux separats l'un de l'altre.

Aquest intercanviador de plaques serà dissenyat com un intercanviador de calor de contrafluxe.

Les dades tècniques de l'intercanviador són:

Intercanviador	
Potència tèrmica	100 kW
Circuit primari (refrigeració grup cogenerador)	
Temperatura aigua entrada	88 °C
Intercanviador	
Temperatura aigua sortida	80 °C
Cabal d'aigua	10,7 m ³ / h
Circuit secundari (ACS, climatització aigua i aire d'una piscina i calefacció)	
Temperatura aigua entrada	70 °C
Temperatura aigua sortida	85 °C
Cabal d'aigua	5,7 m ³ / h
Superfície de reserva	40%

Taula 5. Característiques tècniques intercanviador

3.1.4.2. Recuperador tèrmic dels gasos d'escapament

El recuperador de calor dels gasos d'escapament aprofitarà l'energia tèrmica residual present en els gasos d'escapament del motor alternatiu. Estarà equipat amb una obertura d'inspecció i un limitador de seguretat de temperatura. El transmissor de calor absorbirà l'energia tèrmica del flux dels gasos d'escapament i el transferirà al medi refrigerant (barreja d'aigua i glicol). Aquesta calor serà integrat en el circuit primari d'aigua de refrigeració del mòdul de cogeneració.

El recuperador de calor dels gasos d'escapament incorporarà un catalitzador regulat de tres vies de metall. La temperatura dels gasos d'escapament d'entrada i sortida del catalitzador es controlarà de forma electrònica per assegurar la seva funcionalitat i per mantenir els límits d'emissions permeses durant el funcionament continuat del grup de cogeneració.

Els gasos d'escapament sortiran del motor a una temperatura de 616 °C i, mitjançant l'intercanvi de calor amb el circuit primari d'aigua, es refredaran fins a una temperatura de 120 °C, recuperant una potència tèrmica de 54kW.

3.1.5. Silenciador

A fi de reduir el nivell de soroll generat pels gasos d'escapament, dins el mateix mòdul i en la sortida del recuperador tèrmic dels gasos d'escapament, s'instal·larà un silenciador amb tipologia

reactiu-absorbent. Aquest dispositiu garantirà un aïllament acústic de 65 dB a 10 metres de distància.

Després del silenciador s'instal·larà una xemeneia per donar sortida als gasos d'escapament del motor, amb l'estructura de suport de les canonades. La contrapressió total del sistema de conducció serà inferior a 40 mbar, segons exigències del fabricant del motor.

3.1.6. Sistema de ventilació del mòdul g-box.50

La cabina aïslada acústicament del mòdul de cogeneració llevarà incorporat un sistema de ventilació interior per a suministrar aire de combustió al motor i també per a dissipar el calor de la radiació del motor, evitant que el interior del mòdul de cogeneració se calenti demasiat.

Aquest sistema de ventilació, constituït per un ventilador elèctric axial, prendre i cedirà l'aire de l'exterior del recinte de cogeneració mitjançant conductes per a mantenir la temperatura ambiental amb una màxima de 35 °C.

3.1.7. Tanc d'oli de lubricació motor

El mòdul estarà dotat d'un sistema de emplenat d'oli automàtic a l'interior de la cabina insonoritzada proveït d'indicadors de nivell d'oli màxim i mínim.

Els consums d'oli seran compensats mitjançant el sistema d'emplenat automàtic.

Per al sistema de emplenat d'oli automàtic s'utilitzarà un tanc d'oli de 20 litres, un mesurador de nivell, una bomba elèctrica de buidatge / ompliment, un col·lector d'oli amb control de nivell automàtic, connexió flexible i un sistema de emplenat d'oli fins subministrament a càrter inferior.

A la sala de cogeneració s'instal·laran dos dipòsits addicionals, un per oli nou i un altre per emmagatzemar oli usat, connectats al sistema de emplenat automàtic d'oli mitjançant bomba.

3.1.8. Altres equips i sistemes

En el mòdul de cogeneració s'inclouen altres equips, dispositius i sistemes, com ara el regulador i actuador per a l'alimentació de gas natural al motor.

3.2. Instal·lació hidràulica externa al mòdul g-box-50

En l'instal·lació hidràulica externa al mòdul de cogeneració formaran part els següents elements que es descriuen a continuació:

3.2.1. Connexió al circuit tèrmic existent

Les canonades d'anada i tornada del circuit tèrmic d'aigua calenta per a la demanda d'ACS, climatització d'aigua i aire d'una piscina i calefacció de dependències van des del mòdul de cogeneració fins als circuits existents que passen per la mateixa sala de cogeneració, en el seu recorregut cap a la sala de calderes adjunta. La longitud d'aquest nou tram de circuit tèrmic (anada i tornada) és d'aproximadament 10 metres.

S'hauran de modificar el circuit tèrmic existent en el seu recorregut cap a la sala de calderes, connectant com a derivació les noves canonades del circuit secundari de la planta de cogeneració. D'aquesta manera s'incorporarà l'energia tèrmica procedent del mòdul de cogeneració al circuit de calderes, sense desestabilitzar l'actual circuit i sense canviar la forma de funcionament del circuit actual de calderes.

Les noves canonades a instal·lar seran DN 40 PN 10, degudament aïllades. La bomba i la vàlvula de tres vies integrades en el propi mòdul de cogeneració regularan el cabal i el salt tèrmic de l'aigua que circularà per aquesta nova derivació del circuit tèrmic existent.

3.3. Xemeneia de gasos d'escapament

La xemeneia estarà formada pel col·lector d'escapament del motor, amb brides de connexió i compensador de dilatacions tipus flexible per connexió al conducte de gasos d'escapament.

S'instal·la a la sortida del motor un compensador de vibracions i en el punt més baix de la xemeneia d'escapament s'instal·larà una sortida de condensats de DN 25.

La xemeneia creuarà sectoritzada la sala de calderes adjunta i pujarà per l'interior de l'obertura vertical de ventilació fins a la cota màxima aquesta estructura existent, situada a uns 14 metres d'alçada. La longitud total de la canonada serà d'aproximadament 30 metres.

Les especificacions del conducte de gasos d'escapament són:

Sistema de gasos d'escapament	
Temperatura dels gasos d'escapament	616 °C
Temperatura dels gasos després ICGE	35 °C
Calor dels gasos d'escapament	52 kW
Fluxe volomètric dels gasos humits	152 Nm/h
Fluxe volomètric dels gasos secs	125 Nm/h
Fluxe màssic dels gasos humits	191 kg/h
Fluxe màssic dels gasos secs	168 kg/h
Contrapressió dels gasos	50 mbar
Soroll dels gasos després del silenciador	75 dB
Limitador de temperatura de seguretat	100 °C

Taula 6. Característiques tècniques conducte gasos d'escapament

3.4. Instal·lació de gas natural

Per a l'alimentació de combustible caldrà sol·licitar una nova escomesa de gas natural a la companyia GAS NATURAL SDG S.A.

Aquesta escomesa per al grup cogenerador serà independent de la que actualment alimenta la resta d'instal·lacions del poliesportiu.

La instal·lació individual de gas natural (la compresa entre clau de connexió de servei i la clau de connexió de l'aparell) serà objecte d'un projecte específic.

La rampa de gas integrada en el mòdul de cogeneració inclou la vàlvula de tancament, el filtre, dues electrovàlvules d'alimentació, un regulador de pressió atmosfèrica, un controlador de pressió i d'estanquïtat automàtic, un manòmetre i el mesclador de gas regulable.

3.5. Instal·lació elèctrica

Comprèn la instal·lació elèctrica per a la interconnexió de l'alternador del grup de cogeneració a la xarxa de distribució del Poliesportiu.

L'alternador funcionarà a una potència activa de 50 kW. L'alternador es sincronitzarà amb la instal·lació del Poliesportiu, a la qual seguirà per determinar la tensió i freqüència i lliurarà la potència generada pel grup de cogeneració.

La instal·lació elèctrica de la planta de generació estarà formada per una una línia general d'alimentació, un sistema de mesura, l'equip de protecció i mesura, equips de la interconnexió, quadres de regulació, protecció, control i sincronisme del generador elèctric, línies elèctriques de baixa tensió i xarxa de posada a terra.

El grup de cogeneració estarà constituït per un generador asíncron i la central posseirà un equip de sincronització automàtic. En l'origen de la instal·lació interior s'instal·larà un IGA de 125 A sobre el qual actuaran un conjunt de proteccions i un equip de mesura per protegir.

Com es mostra en l'annex, els cables de connexió estan dimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador i la caiguda de tensió entre el generador i el punt de connexió amb el Poliesportiu no serà superior a l'1,5%, per la intensitat nominal.

3.5.1. Sistema de mesura

El sistema de mesura és del tipus TMF10, s'encarregarà de la medió d'energia l'energia intercanviada en el punt de connexió, ha de complir el que disposa el Reial Decret 2018/1997, de 26 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament de punts de mesura dels consums i trànsits d'energia elèctrica i les seves modificacions.

3.5.2. Equip de protecció de la interconnexió

Dins d'un quadre accessible permanentment per part de companyia elèctrica s'instal·larà l'equip de protecció de la interconnexió. Aquestes proteccions seran regulades segons les indicacions de la companyia elèctrica i seran precintades. La interconnexió amb la xarxa de la companyia subministradora s'equiparà amb els següents equips de protecció:

Equips de la interconnexió	
Interruptor magnetotèrmic	50, 51, 50N, 51N
Interruptor diferencial d'alta sensibilitat	64
Tres relés de mínima tensió instantani entre fases	27
Un relé de màxima tensió	59
Un relé de màxima i mínima freqüència	81m, 81m

Taula 8. Característiques dels equips de la interconnexió

3.5.3. Quadres de regulació, protecció, control i sincronisme

El motogenerador disposarà d'un quadre general de regulació, protecció, control i sincronisme, amb els següents elements principals:

Un interruptor automàtic motoritzat, amb relé electrònic de sobreintensitat, un sistema complet de sincronització automàtic, indicadors de potència efectiva, velocitat, tensió, intensitat, freqüència i factor de potència ($\cos \varphi$) en una centraleta electrònica de mesurament, comptahores de funcionament, clau selectora "DESCONNEXIÓ-MANUAL-AUTOMÀTIC", sistema de control de motor i alternador.

Els sistema de monitorització del mòdul i equips auxiliars, basat en PLC, amb indicació de pressions, temperatures de funcionament, estats, alarmes, etc. amb control mitjançant una pantalla tàctil, situada al frontal del quadre.

Les funcions principals d'aquest quadre són les de protegir i controlar el motogenerador, equips i motors elèctrics que formen part del mòdul de cogeneració (bombes, ventilació, control, etc.).

Les proteccions de caràcter mecànic i elèctric del motor i alternador són les controlar les pressions mínimes i màximes de l'oli i les temperatures màximes i mínimes de l'aigua de refrigeració, l'oli i els gasos d'escapament.

3.5.3.1. Procés de sincronisme

La connexió de la central generadora s'ha d'efectuar quan en l'operació de sincronització les diferències entre les magnituds elèctriques del generador i la xarxa no siguin superiors en tensió del $\pm 8\%$, en freqüència del $\pm 0,1$ Hz i en fase del $\pm 10^\circ$.

Per poder realitzar la maniobra d'acoblament amb el generador és imprescindible que es compleixin els requisits com ara les fases de xarxa i alternador han d'estar disposades en idèntic ordre, la igualtat de freqüència i la freqüència d'un alternador és directament proporcional a la seva velocitat de gir, s'efectuarà la seva regulació actuant sobre el motor que acciona l'alternador.

El dispositiu de sincronització controla les 3 condicions necessàries, enumerades anteriorment per acoblar el grup cogenerador: coincidència de fases, coincidència de tensió de servei i coincidència de freqüència.

Un cop estigui sincronitzat el generador, el regulador de tensió i el de velocitat només podran variar parcialment els valors de tensió i freqüència en funció de la potència de la línia. Si la potència de la línia és alta, la tensió i freqüència del generador vindrà imposada unilateralment per aquella.

3.5.4. Sistema d'equips auxiliars

El sistema d'equips auxiliars està instal·lat dins del quadre de protecció, control i sincronisme i incorporarà totes les proteccions i controls dels equips i motors elèctrics que formen part de la planta de generació elèctrica.

Entre d'altres s'alimentaran les bombes d'aigua del circuit primari i secundari i del circuit de mescla de refrigeració, el sistema de ventilació del mòdul i les vàlvules motoritzades.

3.5.5. Línies elèctriques de baixa tensió

Les línies elèctriques de potència de baixa tensió seran realitzades amb cable de coure o alumini segons s'indica en els Càlculs, aïllament 0.6 / 1 kV, no propagadors de la flama. Les línies discorreran, segons escaigui, per una safata metàl·lica oberta d'adequades dimensions, sota tubs protectors segons marca la ITC-BT-020 o bé per rases.

Per a les línies de control s'utilitzaran conductors de coure o alumini amb aïllament de material plàstic de PVC i coberta exterior de PVC, a més els cables de control seran apantallats. Aquestes línies discorreran sota tub metàl·lic pels locals classificats i aniran per safates i recorreguts separats almenys 30 cm de les línies de potència.

Per al disseny de les canalitzacions elèctriques s'ha de tenir en compte les condicions ambientals de l'emplaçament, incloent els factors mecànics, químics i tèrmics. També s'ha de tenir en compte el que prescriu les Instruccions ITC-BT-007, 019 i 020.

Els tubs de protecció seran de PVC, aïllants rígids, normals, corbables en calent, estancs i no propagadors de flama. En zones classificades els tubs seran metàl·lics rígids. En el punt de transició d'una canalització elèctrica d'una zona a una altra o d'un emplaçament perillós a un altre no perillós s'ha d'impedir el pas de gasos, vapors o líquids inflamables d'un emplaçament a un altre.

El funcionament de la instal·lació serà automàtic, i tant el mòdul com la resta d'elements es dotaran dels automatismes i proteccions necessàries perquè no sigui precisada la figura contínua de cap operari.

3.5.6 Xarxa de posada a terra

S'ha previst la posada a terra de les masses del motor, alternador, així mateix tots els equips i estructures indicats a la ITC-BT-18 i MIE RAT 13a l'actual xarxa de terres de ferramentes de l'edifici poliesportiu en el qual està integrada la planta de cogeneració.

Es connectaran a terra totes les estructures i dipòsits metàl·lics. Les grans masses metàl·liques es connectaran a terra en dos punts.

Les canonades metàl·liques quan hi hagi un element que interrompi la continuïtat de les canonades, tal com brides, vàlvules, etc. es realitzarà un pont entre els dos extrems, mitjançant un conductor de coure nu de manera que es mantingui la seva continuïtat elèctrica.

Les safates metàl·liques, que es recorreran en tota la seva longitud amb un conductor de coure nu, unit a les mateixes mitjançant abraçadores.

En general totes les masses metàl·liques que puguin introduir tensions diferents a la de terra.

Les connexions dels cables de posada a terra amb estructures metàl·liques o platines de posada a terra, es realitzaran mitjançant grapes, que garanteixin una superfície de contacte equivalent a la secció del conductor i que evitin la corrosió electroquímica del ferro.

La posada a terra dels motors es realitzarà per mitjà de la cambra conductor del cable d'alimentació.

3.6. Instal·lació del sistema de ventilació

Segons s'indica en l'Annex del present projecte, la ventilació de la sala de cogeneració es realitzarà segons la norma corresponent de sales de màquines i equips autònoms de generació de calor o fred o per a cogeneració, que utilitzen combustibles gasosos. La sala de cogeneració disposarà de ventilació suficient per reduir el risc de formació d'atmosfera explosiva a causa de potencials fuites de gas.

Segons aquest Annex, on es determina la classificació de les zones de risc de les sales de màquines, les úniques zones de la sala de cogeneració que tindran classificació de zona amb potencial d'explosió seran les següents:

Zona 1: radi $r_1 = 30$ cm al voltant de tots els components de la línia de gas

Zona 2: radi $r_1 = 40$ cm al voltant de tots els components de la línia de gas

La resta de les zones de la sala de cogeneració es classificaran com a emplaçament no perillós.

No es realitzarà cap instal·lació elèctrica dins de les zones classificades amb risc (40 cm al voltant de la línia de gas).

El grup de cogeneració incorporarà al seu interior un sistema de detecció de fuites de gas que actuarà sobre un sistema de tall de seguretat, de manera que el grup tindrà una classificació d'emplaçament no perillós.

4. ESTUDI ENERGÈTIC

Per realitzar un estudi energètic de la planta de cogeneració, primerament s'analitzen les demandes d'energia elèctrica i tèrmica de les instal·lacions existents del Poliesportiu.

Un cop analitzades les demandes, aquestes es comparen amb les produccions d'energies màximes que la instal·lació del grup de cogeneració ens pot aportar.

Segons l'estudi realitzat en l'annex d'aquest projecte, es pot observar com l'aprofitament de l'energia elèctrica i tèrmica produïda, és del 100% tan en els mesos d'hivern on la demanda és més gran, com en els mesos d'estiu on la demanda es redueix considerablement.

5. ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

S'ha estudiat la viabilitat econòmica de la instal·lació d'un grup de cogeneració al Poliesportiu Piscina Municipal de Roses en funció de l'estimació d'ingressos i estalvis que es produiran amb el funcionament d'aquest nou equip. En aquesta avaluació no han estat considerats les despeses financeres que puguin ser necessaris per dur a terme l'execució de la instal·lació.

5.1. Inversió

La inversió del projecte d'instal·lació d'un mòdul de cogeneració amb un motogenerador de gas natural de potència elèctrica de 50 kW amb les instal·lacions corresponents a l'instal·lació elèctrica i de control, d'aigua, dels conductes per als gasos d'escapament i la de ventilació suma un total de 54.605,72 €

5.2. Costos de manteniment

S'ha estimat que el cost de manteniment, incloent el consum d'oli lubricant del motor i altres recanvis és de 1,25 € per hora de funcionament del grup de cogeneració.

A partir de la programació de funcionament de l'equip, que inclou parades programades per al manteniment, s'ha determinat el cost de manteniment anual de la instal·lació:

Hores efectives de funcionament anual grup cogeneració	8.388	hores
Cost manteniment grup de cogeneració	1,25	€/ hora
Cost anual mantenimiento de la instalación	10.485,00	€/ any

Taula 9. Característiques elèctriques mòduls

6. BALANÇ ECONÒMIC

A partir de les dades obtingudes, es realitza el següent balanç econòmic comparant la situació actual de producció de la demanda tèrmica del poliesportiu a través de les calderes a gas natural amb la nova situació instal·lant un grup de cogeneració.

	Situació de referència actual amb calderes a gas natural	Situació prevista amb grupo de cogeneració + calderes	Estalvi o sobrecost obtingut
Cost anual consum de gas natural calderes	87.539,19 €	45.352,75 €	42.186,44 €
Cost anual consum de gas natural grup	0,00 €	55.956,93 €	-55.956,93 €
Cost anual consum d'electricitat	62.993,99 €	20.678 €	42.315,78 €
Cost anual manteniment grup de cogeneració	0,00 €	10.485 €	-10.485,00 €
Costos totals anuals	150.533,18 €	132.472,89 €	18.060,29 €
Estalvi total anual en consum de gas natural en el procés tèrmic existent			42.186,44 €
Estalvi total anual en consum d'electricitat en el procés existent			42.315,78 €
Benefici econòmic brut anual			18.060,29 €

Taula 10. Característiques balanç econòmic

Tal com indica la taula anterior, la instal·lació d'un grup de generació repercutirà en un benefici econòmic total de 18.060,29 € anuals. Aquest estalvi general es pot desglossar en 13.770,49 € corresponents al major consum anual de gas natural de les calderes existents conjuntament amb el grup de cogeneració per cobrir la demanda tèrmica i en 31.830,78 € corresponents al menor consum anual d'electricitat pel grup de cogeneració.

6.1. Retorn de la inversió

Com a paràmetre d'avaluació de la rendibilitat de la instal·lació de cogeneració es pren el denominat Període de Retorn Simple, que es calcula dividint la inversió total pel benefici econòmic generat, que inclou en aquest cas l'estalvi en les factures de gas natural de la instal·lació existent i els beneficis per la venda d'electricitat.

Inversió instal·lació grup de cogeneració	54.605,72	€
Benefici econòmic brut anual	18.060,29	€
Retorn de la inversió	3,02	anys

Taula 11. Característiques elèctriques mòduls

Segons aquest càlcul, s'estableix que el retorn de la inversió per a la instal·lació d'un grup de cogeneració de 50 kW al poliesportiu Piscina Municipal de Roses és de poc més de 3 anys. En aquest paràmetre no s'han tingut en compte les despeses financeres que puguin ser necessaris per dur a terme la instal·lació.

7. RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost de les instal·lacions elèctrica, d'aigua calenta, gasos d'escapament i ventilació, corresponents a un mòdul de cogeneració que s'instal·larà en un Poliesportiu, ascendeix a la quantitat de cinquanta-quatre mil sis-cents cinc euros amb setanta-dos cèntims, sense IVA.

8. CONCLUSIONS

Aquest projecte d'instal·lació d'una planta de cogeneració, a part d'estalviar i produir simultàniament dos tipus d'energia, l'elèctrica i la tèrmica, la qual cosa implica la proximitat de la planta generadora als consums, per tant, reduïm en pèrdues de transport. Es d'una alta eficiència ja que aprofita el calor que desprèn com a energia tèrmica que altres instal·lacions convencionals eliminen cap al ambient.

La fiabilitat d'aquesta instal·lació és molt important, així com segura en casos de deficiència de la xarxa externa fins que es restableixin les condicions de servei. A més, amb un mòdul de cogeneració com l'escollit, de 50 kW, amb els consums del Poliesportiu de Roses, assegurem un aprofitament total de les energies produïdes per la planta de cogeneració.

Amb els documents aportats en aquest projecte, queda especificat com s'han dimensionat i com s'ha d'executar aquesta instal·lació i definit els elements necessaris tan per a la producció com el control i la protecció per aquesta instal·lació.

Per tot l'exposat anteriorment, l'enginyer tècnic elèctric que subscriu aquest projecte espera haver aportat les dades suficients per la seva aprovació pels Organismes Competents, quedant a disposició d'aquests per qualsevol dubte o aclariment.

Javi Pérez Saavedra

Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 22 de juliol de 2019

9. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present projecte està compost per cinc documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

10. BIBLIOGRAFIA

2g. (<https://www.2-g.com/es/g-box-10/>, 8 de juny de 2019)

ACOGEN. Asociación española de Cogeneración. (www.acogen.es, 15 de juliol de 2019).

Alpine Group. (www.cogenerare.com, 12 de juny de 2019).

BUTLLETÍ OFICIAL DE L'ESTAT. Govern d'Espanya. (<https://www.boe.es>, 18 de maig de 2019).

Gas Natural Fenosa. (www.gasnaturalfenosa.com, 18 de maig de 2019,)

Renovetec. (<http://renovetec.com/239-curso-de-plantas-de-cogeneracion-2>, 14 de juny de 2019)

RITE. El nuevo reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. (<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/>, 12 d'abril de 2019)

Unesa. (<http://www.unesa.es/sector-electrico/la-regulacion-electrica-en-espana-y-europa>, 10 de juliol de 2019)

11. GLOSSARI

ACS: Aigua Calenta Sanitària

AT: Alta Tensió

BT: Baixa Tensió

BOE: Butlletí oficial de l'Estat

IVA: Impost sobre el valor afegit

KWe: kilowatt elèctric

PCI: Poder Calorífic Interior

RD: Real Decret

UNE: Una Norma Espanyola

A. CÀLCULS

En aquest annex es mostraran els càlculs que s'han fet, i les dades que s'han utilitzat, que justifiquen els altres capítols d'aquest document.

A.1. Càlculs elèctrics

Realització de càlculs efectuats en el projecte pel càlcul de les línies, per trobar-ne les dades necessàries per poder dimensionar-les correctament i per poder triar-ne les proteccions adequades.

Càlcul d'intensitats en línies monofàsiques:

$$I_{\text{línia}} = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad (\text{Eq.1})$$

Càlcul d'intensitats en línies trifàsiques:

$$I_{\text{línia}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (\text{Eq.2})$$

Càlcul caiguda de tensió en línies monofàsiques:

$$e (\%) = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot 100}{K \cdot s \cdot V^2} \quad (\text{Eq.3})$$

Càlcul caiguda de tensió en línies trifàsiques:

$$e (\%) = \frac{P \cdot L \cdot 100}{K \cdot s \cdot V^2} \quad (\text{Eq.4})$$

Pel càlcul de la secció del cable s'ha tingut en compte la intensitat màxima admissible que pot suportar el conductor i la caiguda de tensió màxima per el grup de cogeneració i el seu consum.

Els valors d'intensitats utilitzats pel càlcul són els valors comercials dels magnetotèrmics.

Zona	Tram	Potència (W)	cos φ	Tensió nominal (V)	Intensitat (A)	PIA (A)
Grup cogeneració	L1	50.000,00	0,90	400	80,19	125
Consum grup	L2	1.200,00	0,90	400	1,92	10

Taula 12. Característiques conductors elèctrics

Tram	Longitud (m)	Caiguda de tensió (%)	Caiguda tensió total (%)	Secció fase (mm ²)	Secció neutre (mm ²)	Icc (A)
Grup cogeneració	10	0,14	0,14	50	35,00	69.565,22
Consum grup	6	0,04	0,04	2,5	2,50	5.797,10

Taula 13. Característiques conductors elèctrics

A.3. Càlculs de ventilació

La sala de màquines és un recinte independent de la resta de l'edifici on s'ubica. Les seves dimensions són de 6,25 metres de llarg per 4,2 ficar-vos d'ample màxim, amb una alçada de 3 metres. La seva àrea en planta és de 22 m² i el seu volum de 66 m³. Té una sola porta doble que dona a l'exterior i reixes per a l'entrada i sortida d'aire de la sala.

La sala de cogeneració es situarà a la planta baixa del poliesportiu i disposarà d'una superfície de baixa resistència (constituïda per les obertures de ventilació) que comunicarà directament amb l'exterior.

La solució escollida per a la sala de cogeneració és emprar ventilació natural a través d'una nova reixa a la façana per a l'aportació d'aire de combustió i ventilació a la sala. L'extracció natural d'aire ventilació es realitzarà per una nova obertura a realitzar en el sostre de la sala que comunicarà amb el carrer.

De la mateixa manera, el grup de cogeneració disposarà de ventilació forçada a través d'un ventilador instal·lador dins de la càpsula aïllant. Aquest prendrà aire directament de la sala de cogeneració i l'expulsarà a l'exterior a través de conductes.

A.3.1. Superfície element de baixa resistència mecànica

Els tancaments (parets i sostres exteriors) del recinte de la sala de màquines han de tenir un element o disposició constructiva de baixa resistència mecànica, en comunicació directa amb una zona exterior o pati de ventilació o pati anglès, amb una superfície mínima que, si metres quadrats, sigui la centèsima part del volum del local expressat en metres cúbics, amb un mínim d'un metre quadrat.

Aquesta superfície total de baixa resistència es complirà amb les dues obertures de ventilació que es practiquessin a la façana del local:

Obertura entrada d'aire: $0,8 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$

Obertura sortida d'aire: $0,8 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,40 \text{ m}^2$

Superfície de baixa resistència total = $1,12 \text{ m}^2$

A.3.2. Entrada d'aire per combustió i ventilació

A la sala de màquines es preveurà una adequada entrada d'aire per a la perfecta combustió del gas al motocogenerador, i per a la ventilació general del local. Les obertures s'han de practicar a la zona exterior (carrer), amb el que s'assegura l'entrada d'aire lliure des de l'exterior.

la secció lliure de total dels orificis de d'entrada d'aire a través de les parets exteriors ha de ser de 5 cm^2 per cada kW de consum calorífic nominal total dels generadors instal·lats, sent per aquest cas:

Les seccions lliures dels orificis així obtinguts s'han d'aplicar a orificis circulars. Si l'orifici és de forma rectangular seva secció lliure total s'ha d'augmentar un 5%.

Com la norma només contempla la superfície d'orifici fins a 50 cm sobre el nivell del sòl, aquesta superfície de la reixa d'entrada d'aire a la sala compleix amb aquesta secció lliure:

Dimensions totals obertura entrada aire: $0,8 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$

Dimensions obertura entrada aire fins a 50 cm del sòl: = 0,8 m x 0,35 m = 0,28 m²

A.3.3. Ventilació superior de la sala

La secció del conducte d'evacuació de l'aire interior de la sala ha de ser igual a la meitat de la secció total dels conductes d'evacuació dels productes de la combustió (PdC), amb un mínim de 250 cm².

La condició addicional per als conductes de ventilació superior és la següent:

per a una altura $h \leq 8$ m, diàmetre $D \geq 300$ mm

per a una altura $h > 8$ m, diàmetre $D \geq 250$ mm

D'aquesta manera, el conducte de ventilació superior previst per a la sala de cogeneració objecte del present projecte compleix amb la condició addicional de la norma corresponent.

Diàmetre del conducte de ventilació superior de la sala: 300 mm

Secció del conducte de ventilació superior de la sala: 706,9 cm²

B. ESTUDI ENERGÈTIC

Per determinar l'eficiència energètica de la planta de cogeneració, primerament s'analitza la demanda d'energia elèctrica i tèrmica de les instal·lacions existents del Poliesportiu Piscina Municipal de Roses.

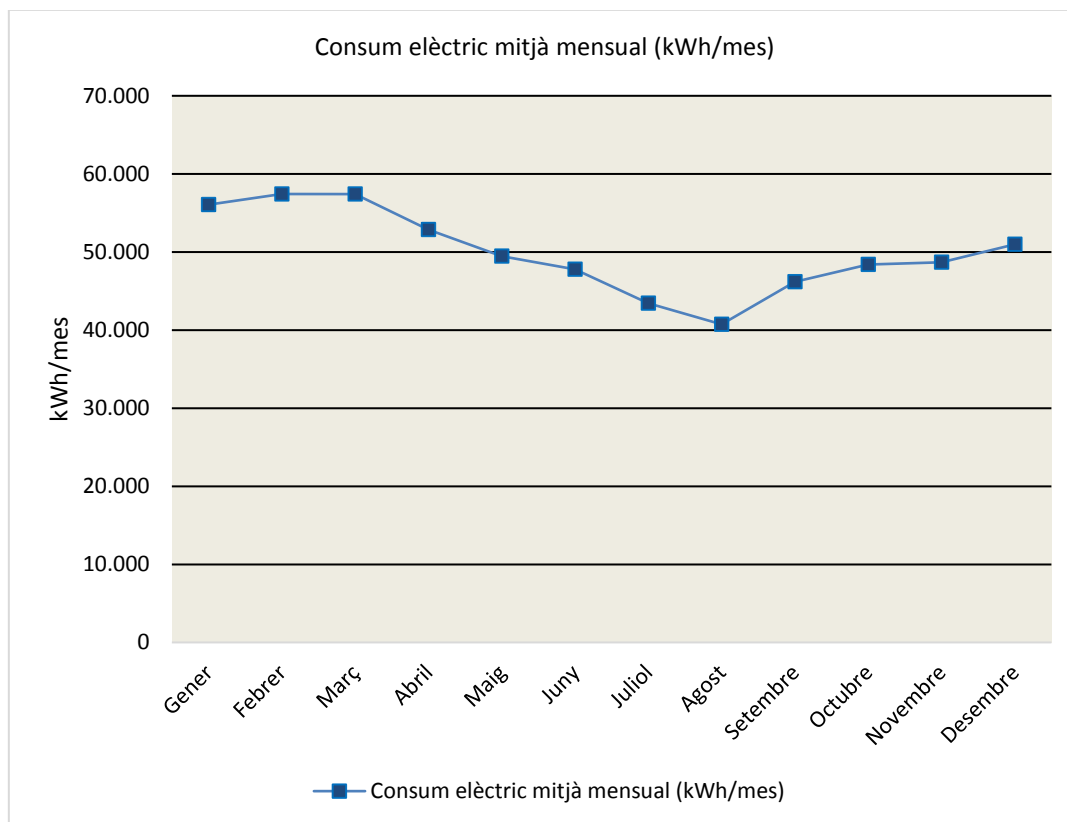
B.1. Demanda elèctrica actual

El consum d'electricitat anual del pavelló poliesportiu es reflexa en la següent taula:

	Consumo elèctric mensual Poliesportiu			Consum elèctric mitjà mensual (kWh/mes)
	2016	2017	2018	
	kWh	kWh	kWh	kWh
Gener	56.676	58.984	52.453	56.038
Febrer	59.450	57.250	55.572	57.424
Març	61.186	56.366	54.688	57.413
Abril	54.566	52.346	51.668	52.860
Maig	47.545	51.245	49.567	49.452
Juny	40.162	53.452	49.774	47.796
Juliol	39.548	46.234	44.556	43.446
Agost	42.338	40.768	39.090	40.732
Setembre	47.241	46.457	44.779	46.159
Octubre	45.790	50.560	48.882	48.411
Novembre	50.505	48.585	46.907	48.666
Desembre	52.628	50.988	49.310	50.975
Total Anual	597.635	613.235	587.246	599.372

Taula 14. Consum elèctric mensual Poliesportiu

L'estimació del consum d'electricitat anual del pavelló poliesportiu es reflexa en el següent gràfic:



Gràfic 1. Consum elèctric mitjà mensual

B.2. Producció elèctrica

En la següent taula es detalla l'estimació de producció d'energia elèctrica del grup de cogeneració segons el programa de funcionament establert:

	Dies efectius de treball mensuals	Hores operació / dia	Hores efectives mensuals	Producció elèctrica	Autoconsum planta de cogeneració	Producció elèctrica neta exportació
	Dias	h	h	kWh	kWh	kWh
Gener	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Febrer	28	24	672	33.600	1.344	32.256
Març	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Abril	30	24	720	36.000	1.440	34.560

Maig	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Juny	30	24	720	36.000	1.440	34.560
Juliol	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Agost	31	12	372	18.600	744	17.856
Setembre	30	24	720	36.000	1.440	34.560
Octubre	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Novembrfe	30	24	720	36.000	1.440	34.560
Desembre	31	24	744	37.200	1.488	35.712
Total Anual	365		8.388,00	419.400,00	16.776,00	402.624,00

Potència elèctrica grup (kW)	Autoconsum
50	4%

Taula 15. Estimació de producció d'energia elèctrica

Segons aquesta estimació, la producció total anual del grup de cogeneració serà de 402.624 kWh.

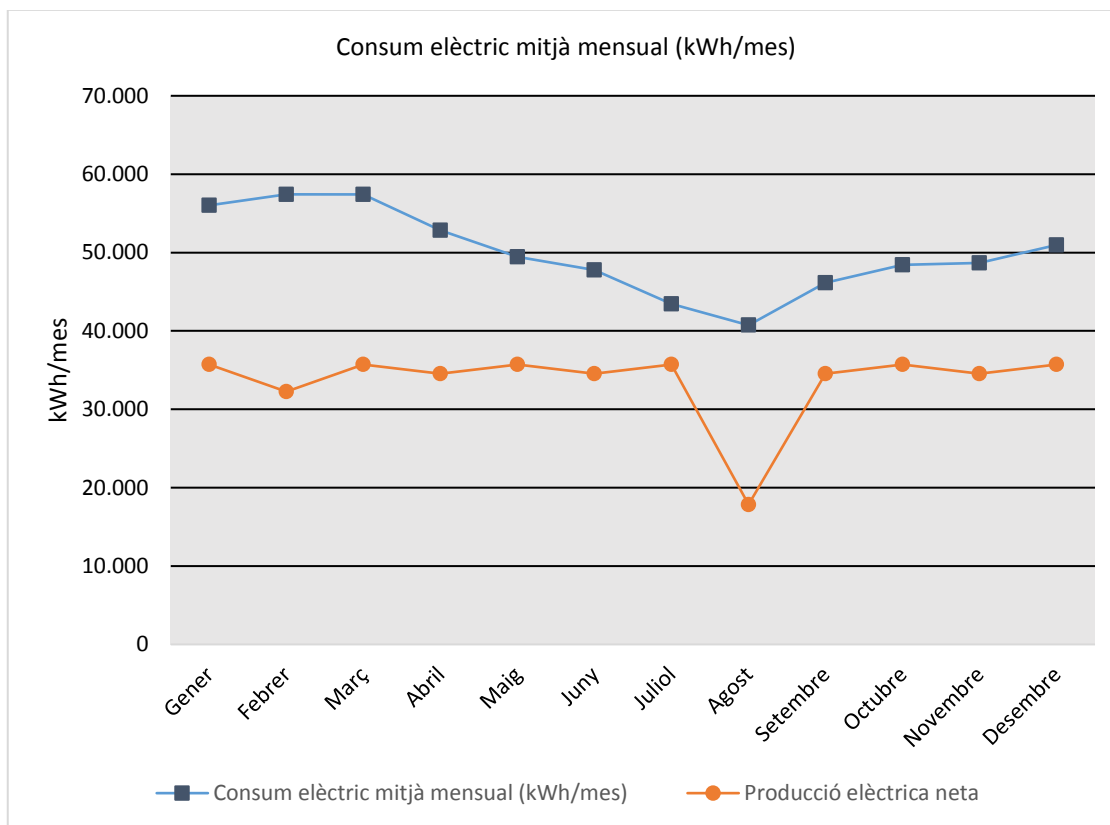
En la següent taula s'observa que l'aprofitament elèctric generat durant tot l'any es del 100%.

	Consum elèctric mitjà mensual (kWh/mes)	Producció elèctrica neta	Diferència (kWh)	Aprofitament electricitat generada (%)
	kWh	kWh	kWh	kWh
Gener	56.038	35.712	20.326	100%
Febrer	57.424	32.256	25.168	100%
Març	57.413	35.712	21.701	100%
Abril	52.860	34.560	18.300	100%
Maig	49.452	35.712	13.740	100%
Juny	47.796	34.560	13.236	100%
Juliol	43.446	35.712	7.734	100%
Agost	40.732	17.856	22.876	100%
Setembre	46.159	34.560	11.599	100%
Octubre	48.411	35.712	12.699	100%
Novembre	48.666	34.560	14.106	100%
Desembre	50.975	35.712	15.263	100%
Total Anual	599.372	402.624	196.748	

Potència tèrmica grup (kW)	50
----------------------------	----

Taula 16. Aprofitament electricitat generada (%)

El consum d'electricitat i la producció elèctrica neta anual del pavelló poliesportiu es reflexa en el següent gràfic:



Gràfic 2. Consum elèctric mitjà mensual i producció elèctrica neta

B.3. Estalvi econòmic consum d'electricitat amb el grup de cogeneració

S'ha estimat el cost econòmic que suposa el consum previst de gas natural per al funcionament del grup de cogeneració a instal·lar. Els imports utilitzats per a aquesta estimació corresponen a tarifes de referència de Gas Natural SDG per a consumidors entre 100.000 kWh i 3GWh anuals. Cal tenir en compte que actualment les tarifes de gas estiguin liberalitzades i el preu definitiu de compra serà el que es negociï amb l'empresa comercialitzadora.

Terme variable facturació gas natural	0,105100 €	€/kWh
Consum d'electricitat sense el grup cogeneració	599.372,45	kWh/any
Import total consum d'electricitat	62.993,99	€/any
Consum d'electricitat amb el grup de cogeneració	196.748,25	kWh/any
Import total consum d'electricitat	20.678,21	€/any
Estalvi econòmic amb grup de cogeneració	42.315,78	€/any

Taula 17. Característiques elèctriques mòduls

B.4. Demanda tèrmica actual

La instal·lació del Poliesportiu necessita per a la seva activitat diària energia tèrmica en forma d'aigua calenta 90/70 °C per a la climatització dels vestuaris, la piscina i les dependències esportives. La instal·lació actual de generació d'energia tèrmica està basada en quatre calderes de 124 kW cadascuna per a la generació d'aigua calenta, que aporten l'energia tèrmica als punts de consum mitjançant un circuit comú per a tot l'equip de bombeig cap als punts de consum. La potència global instal·lada és de 496 kW per a aigua calenta (4x124 kW).

La instal·lació actual no disposa de comptadors parcials de gas natural per a cada caldera però el seu funcionament es basa en alternar el funcionament de les quatre calderes que estan instal·lades en paral·lel i en els períodes de més demanda tèrmica (des d'octubre fins a maig) les calderes treballen conjuntament.

El consum de gas natural anual de les calderes per a la demanda tèrmica es reflecteix en la següent taula:

	Consum mensual gas natural (PCS)			Consum gas mitjà mensual (PCS) kWh	Consum gas mitjà mensual (PCI) kWh	Demanda tèrmica mensual kWh
	2016	2017	2018			
	kWh	kWh	kWh			
Gener	314.326	318.971	292.226	308.508	277.657	249.891
Febrer	239.450	235.343	264.634	246.476	221.828	199.645
Març	236.186	257.883	267.057	253.709	228.338	205.504
Abril	204.566	197.995	207.619	203.393	183.054	164.749
Maig	165.545	166.608	166.858	166.337	149.703	134.733
Juny	129.162	107.412	144.836	127.137	114.423	102.981
Juliol	82.548	91.451	57.925	77.308	69.577	62.619
Agost	42.338	39.559	45.135	42.344	38.110	34.299
Setembre	99.241	125.595	88.038	104.291	93.862	84.476
Octubre	165.790	148.667	146.292	153.583	138.225	124.402
Novembre	176.503	185.983	195.852	186.113	167.501	150.751
Desembre	241.623	259.867	270.876	257.455	231.710	208.539
Total Anual	2.097.278	2.135.334	2.147.348	2.126.653	1.913.988	1.722.589

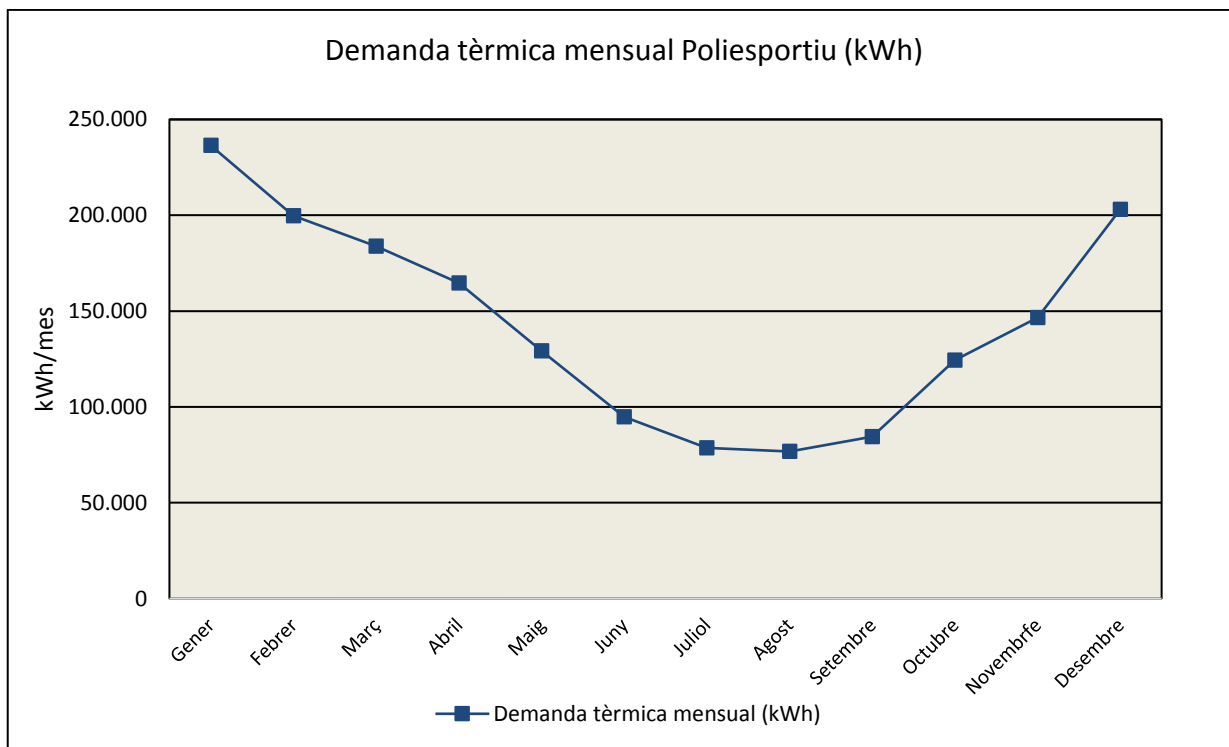
PCI / PCS	Rend calderes
0,9	90%

Taula 18. Característiques elèctriques mòduls

Aquestes dades de consum s'han obtingut a partir dels consums facturats per la companyia subministradora de gas natural al Poliesportiu Piscina Municipal de Rosesdes de 2008. Aplicant la conversió a PCI i el rendiment de les calderes, s'ha estimat que la demanda conjunta dels processos tèrmics existents és de 1.722.589 kWh anuals.

La demanda tèrmica de les instal·lacions del Poliesportiu Piscina Municipal de Rosesté un alt factor de temporalitat durant l'any. El consum més important està provocat pel procés de climatització d'aigua d'una piscina. Aquest procés requereix una aportació de calor les 24 hores del dia els 7 dies de la setmana durant els mesos d'hivern, primavera i tardor. En els mesos d'estiu la climatització de l'aigua de la piscina no és necessària i en el mes d'agost aquesta es tanca per manteniment. De totes maneres, les instal·lacions esportives funcionen durant tots els mesos de l'any i la demanda tèrmica a l'estiu correspon principalment al procés d'ACS.

En la següent gràfica es pot observar l'estacionalitat de la demanda tèrmica més a més de les instal·lacions existents. Per les dades de consum, es pot considerar com a demanda energètica constant les vinculades a cobrir les necessitats d'ACS i com demanda energètica estacional les vinculades a cobrir les necessitats de climatització d'aigua i aire d'una piscina i de calefacció de dependències esportives.



Gràfic 3. Demanda tèrmica mensual

B.5. Selecció de l'equip de cogeneració

L'equip de cogeneració a instal·lar té com a objectiu produir la major part de la demanda tèrmica d'aigua calenta del Poliesportiu i així reduir el consum de gas natural de les calderes existents.

L'estacionalitat de la demanda implicarà que el règim de funcionament de la instal·lació de cogeneració sigui amb regulació de càrrega motor, és a dir, ajustant el règim de funcionament a la demanda tèrmica instantània.

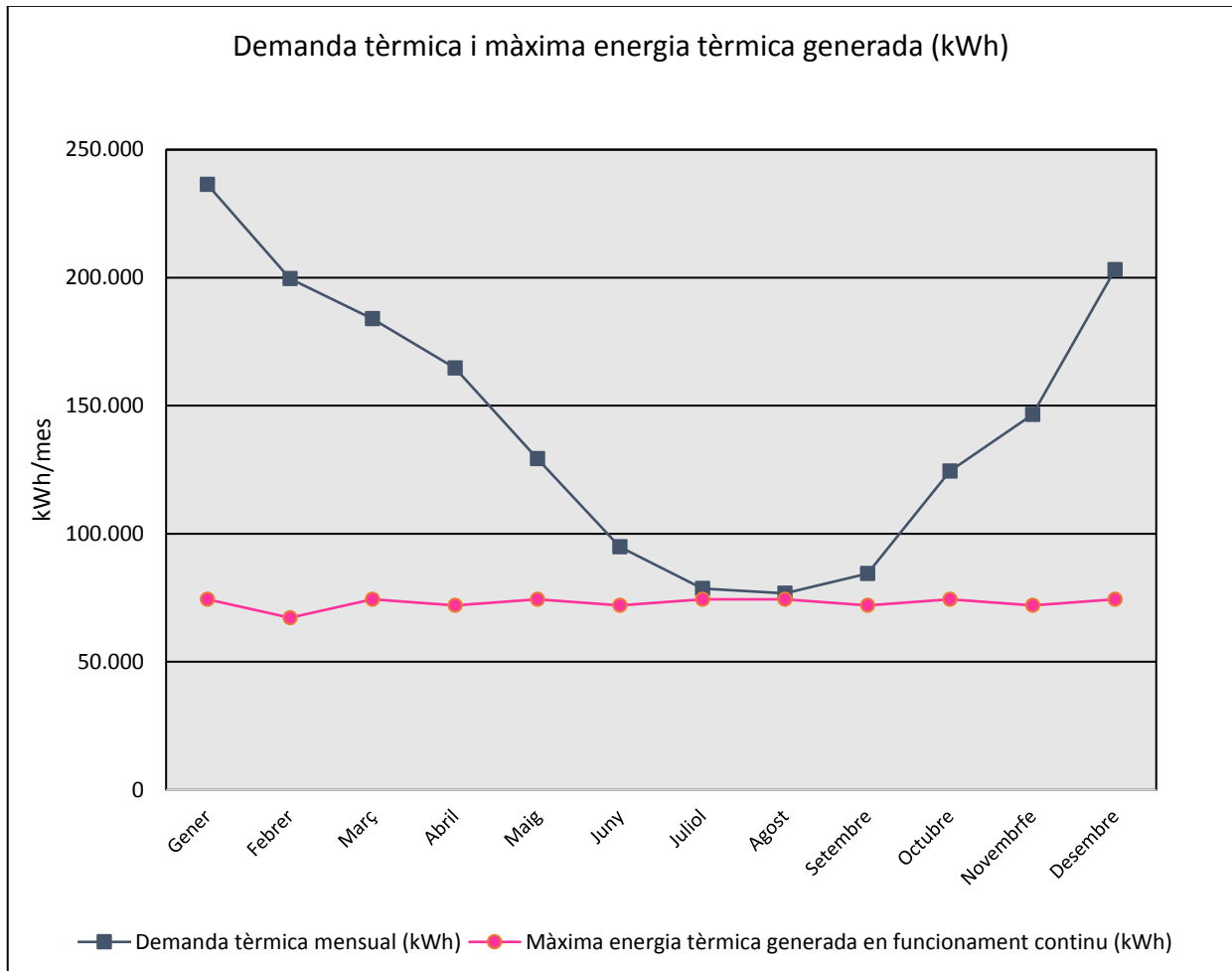
En un escenari on el grup de cogeneració funcionés a plena càrrega de forma permanent s'obtindria la següent producció d'energia tèrmica:

	Dies	Hores /dia	Hores totals	Màxima energia tèrmica generada en funcionament continu (kWh)	Demanda tèrmica mensual (kWh)	Diferència (kWh)	Aprofitament calor generat (%)
Gener	31	24	744	74.400	236.391	161.991	100%
Febrer	28	24	672	67.200	199.645	132.445	100%
Març	31	24	744	74.400	183.904	109.504	100%
Abril	30	24	720	72.000	164.650	92.650	100%
Maig	31	24	744	74.400	129.252	54.852	100%
Juny	30	24	720	72.000	94.881	22.881	100%
Juliol	31	24	744	74.400	78.546	4.146	100%
Agost	31	24	744	74.400	76.732	2.332	100%
Setembre	30	24	720	72.000	84.476	12.476	100%
Octubre	31	24	744	74.400	124.402	50.002	100%
Novembre	30	24	720	72.000	146.605	74.605	100%
Desembre	31	24	744	74.400	203.105	128.705	100%
Total Anual	365		8760	876.000	1.722.589	846.589	

Potència tèrmica grup (kW)	100
----------------------------	-----

Taula 19. Característiques elèctriques mòduls

Comparant aquesta producció màxima amb la demanda energètica dels processos existents s'obté la següent gràfica:



Gràfic 4. Demanda tèrmica i màxima energia tèrmica generada

Es pot observar com la producció màxima d'energia tèrmica del grup pot ser aprofitada per la demanda existent del Poliesportiu. Durant aquests mesos, el grup de cogeneració tindria la finalitat de donar suport a les calderes per cobrir la demanda total d'aigua calenta. Durant els mesos d'estiu s'haurà d'aplicar la regulació de càrrega del motor per ajustar la producció a la demanda real dels processos per tal d'aprofitar al màxim l'energia generada.

Donades les característiques de la demanda tèrmica del Poliesportiu Piscina Municipal de Roses, amb processos estacionals i demanda específica d'aigua calenta, es veu com adequat un equip de cogeneració basat en un motor alternatiu de gas natural de 100 kW de potència tèrmica.

B.6. Programació de funcionament de la planta de cogeneració

.La major part dels mesos el grup funcionarà en continu les 24 hores del dia els 7 dies de la setmana. La regulació de càrrega entrarà en funcionament sempre que les necessitats tèrmiques d'ACS, climatització d'aigua i aire d'una piscina i calefacció de dependències siguin inferiors a les aportades per la cogeneració.

S'ha previst la parada del grup de cogeneració durant el mes d'agost per concentrar els treballs de manteniment necessaris del grup durant aquest mes. A l'agost és quan es produeix la caiguda més accentuada de demanda tèrmica, a causa principalment del tancament de la piscina climatitzada per al seu manteniment. L'objectiu de programar els treballs de manteniment del grup durant el mes d'agost és la de poder aprofitar al màxim la producció tèrmica segons la demanda existent del poliesportiu.

Amb aquest criteri de programació de funcionament, s'han estimat les següents hores d'operació del grup de cogeneració:

	Demanda tèrmica mensual	Dies efectius de treball mensuals	Hores operació / dia	Hores efectives mensuals	Producció tèrmica	Diferència tèrmica	Aprofitament tèrmico
	kWh	Dias	h	h	kWh	kWh	kWh
Gener	236.391	31	24	744	74.400	161.991	74.400
Febrer	199.645	28	24	672	67.200	132.445	67.200
Març	183.904	31	24	744	74.400	109.504	74.400
Abril	164.650	30	24	720	72.000	92.650	72.000
Maig	129.252	31	24	744	74.400	54.852	74.400
Juny	94.881	30	24	720	72.000	22.881	72.000
Juliol	78.546	31	24	744	74.400	4.146	74.400
Agost	76.732	31	12	372	37.200	39.532	37.200
Setembre	84.476	30	24	720	72.000	12.476	72.000
Octubre	124.402	31	24	744	74.400	50.002	74.400
Novembrfe	146.605	30	24	720	72.000	74.605	72.000
Desembre	203.105	31	24	744	74.400	128.705	74.400
Total	1.722.589	365		8.388	838.800	883.789	838.800

Potencia tèrmica kW
100

Taula 20. Característiques elèctriques mòduls

A partir d'aquesta programació de funcionament per al grup de cogeneració, s'ha realitzat una previsió de 8.388 hores netes anuals de funcionament. D'aquesta manera, l'aprofitament anual d'energia tèrmica s'ha estimat en 838.800 kWh.

B.7. Producció tèrmica

La producció d'aigua calenta es realitzarà mitjançant el grup de cogeneració i mitjançant el parc existent de calderes a gas natural.

El grup de cogeneració aportarà el 49% de la demanda total tèrmica d'aigua calenta mentre les calderes existents aportessin el 51% restant. En aquesta estimació s'ha tingut en compte la programació de funcionament del grup de cogeneració, les aturades de manteniment programat, la temporalitat de la demanda i que la cogeneració escollida no serà capaç per ella sola de cobrir totes les necessitats tèrmiques del poliesportiu.

En la següent taula es detalla aquesta relació demanda / producció:

	Demanda tèrmica Poliesportiu	Producció tèrmica calderes de gas existents	Producció tèrmica útil grup de cogeneració
	kWh	kWh	kWh
Gener	236.391	161.991	74.400
Febrer	199.645	132.445	67.200
Març	183.904	109.504	74.400
Abril	164.650	92.650	72.000
Maig	129.252	54.852	74.400
Juny	94.881	22.881	72.000
Juliol	78.546	4.146	74.400
Agost	76.732	39.532	37.200
Setembre	84.476	12.476	72.000
Octubre	124.402	50.002	74.400
Novembrfe	146.605	74.605	72.000
Desembre	203.105	128.705	74.400
Total Anual	1.722.589	883.789	838.800
Percentatge	100%	51%	49%

Taula 21. Característiques elèctriques mòduls

B.8. Consum de gas natural

En la següent taula s'indica el consum de gas natural que tindrà el grup de cogeneració i les calderes existents per cobrir les necessitats tèrmiques del Poliesportiu Piscina Municipal de Roses.

	Hores efectives mensuals	Producció tèrmica útil grup	Consum gas natural grup (PCI)	Consum gas natural grup (PCS)	Producció tèrmica calderes de gas existents	Consum gas natural calderes existents (PCI)	Consum gas natural calderes existents (PCS)
	h	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Gener	744	74.400	107.880	119.867	161.991	179.990	199.989
Febrer	672	67.200	97.440	108.267	132.445	147.161	163.512
Març	744	74.400	107.880	119.867	109.504	121.671	135.190
Abril	720	72.000	104.400	116.000	92.650	102.944	114.383
Maig	744	74.400	107.880	119.867	54.852	60.947	67.719
Juny	720	72.000	104.400	116.000	22.881	25.423	28.248
Juliol	744	74.400	107.880	119.867	4.146	4.607	5.119
Agost	372	37.200	53.940	59.933	39.532	43.924	48.805
Setembre	720	72.000	104.400	116.000	12.476	13.862	15.402
Octubre	744	74.400	107.880	119.867	50.002	55.558	61.731
Novembre	720	72.000	104.400	116.000	74.605	82.894	92.105
Desembre	744	74.400	107.880	119.867	128.705	143.006	158.895
Total Anual	8.388	838.800	1.216.260	1.351.400	883.789	981.988	1.091.098

consum grup (kW)	PCI /PCS
145	0,9

Rend calderes
90%

Taula 22. Característiques elèctriques mòduls

L'estimació anual de consum de gas del grup de cogeneració és de 1.216.260 kW (PCI).

B.9. Cost econòmic consum de gas natural

S'ha estimat el cost econòmic que suposa el consum previst de gas natural per al funcionament del grup de cogeneració a instal·lar. Els imports utilitzats per a aquesta estimació corresponen a tarifes de referència de Gas Natural SDG per a consumidors entre 100.000 kWh i 3GWh anuals.

Cal tenir en compte que actualment les tarifes de gas estiguin liberalitzades i el preu definitiu de compra serà el que es negociï amb l'empresa comercialitzadora.

Terme fix facturació gas natural	66,48	€/mes
Terme variable facturació gas natural	0,040738	€/kWh
Lloguer de comptador de fins a 40m ³ / h	8,82	€/mes
Consum gas natural grup cogeneració (PCS)	1.351.400	kWh/any
Import total consum grup cogeneració	55.956,93	€/any
Consum gas natural calderes existents (PCS)	1.091.098	kWh/any
Import total consum calderes existents	45.352,75	€/any
Import total cogeneració + calderes	101.309,68	€/any

Taula 23. Cost econòmic consum de gas natural