

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 5.2. | Bomba de calor | 84 |
| 5.2.1. | Elecció de la bomba de calor | 85 |
| 5.2.2. | Emplaçament de les bombes de calor a la sala de màquines | 90 |
| 5.3. | Intercanviadors de calor | 90 |
| 5.3.1. | Recuperació de la calor amb els intercanviadors de calor del clavegueram | 90 |
| 5.3.2. | Components de les instal·lacions per l'ús de calor de les aigües residuals | 92 |
| 5.3.2.1. | Intercanviadors de calor | 92 |
| 5.3.2.2. | Bomba de calor | 93 |
| 5.3.2.3. | Línies de transports de calor | 96 |
| 5.3.4. | Manteniment de l'intercanviador de calor | 99 |
| 5.4. | Unitat de condicionament de l'aire de la sala de la piscina | 99 |
| 5.4.1. | Elecció de la unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació de la calor | 100 |
| 5.4.2. | Emplaçament de la unitat de condicionament de l'aire i l'aigua de la sala piscina amb recuperació de calor a la sala de màquines | 101 |
| 5.4.3. | Conducció d'aire de la instal·lació | 102 |
| 5.5. | Fan-coils | 105 |
| 5.5.1. | Elecció dels fan-coils per les sales annexes | 106 |
| 6. | CIRCUITS HIDRÀULICS DE LA INSTAL·LACIÓ | 107 |
| 6.1. | Introducció | 107 |
| 6.2. | Normativa sobre els circuits hidràulics | 107 |
| 6.3. | Material de les canonades | 109 |
| 6.4. | Dimensionament dels circuits hidràulics de la instal·lació | 110 |
| 6.4.1. | Circuit hidràulic de la caldera de biomassa | 110 |
| 6.4.2. | Circuit hidràulic de la bomba de calor | 112 |
| 6.4.3. | Circuits hidràulics secundaris per escalfar l'aigua del vas | 113 |
| 6.4.4. | Circuits hidràulics secundaris per escalfar l'aigua del per la producció d'aigua calenta sanitària (ACS) | 114 |

| | | |
|------------|--------------------------|------------|
| 12. | BIBLIOGRAFIA..... | 141 |
| 13. | GLOSSARI..... | 145 |

| | |
|--|-----|
| Figura 40. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit primari de la bomba de calor. | 113 |
| Figura 41. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit secundari per cobrir les necessitats del vas de la piscina. | 114 |
| Figura 42. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit secundari per cobrir les necessitats de la producció d'ACS. | 115 |
| Figura 43. Esquema de muntatge de la bomba de circulació en els circuits hidràulics de la instal·lació. . | 116 |
| Figura 44. Fases de treball del vas d'expansió. | 119 |
| Figura 45. Diagrama de Gantt de l'execució de l'estudi. | 125 |
| Figura 46. Diagrama de Gantt de seguiment | 126 |
| Figura 47. Origen i emissions de l'electricitat de la península ibèrica, en data de maig del 2012. | 135 |
| Figura 48. Cicle del CO ₂ de biocombustible per calderes de biomassa. | 136 |

ÍNDIX GRÀFICS

| | |
|---|-----|
| Gràfic 1. Potència màxima requerida (kW) per cobrir les necessitats de la instal·lació..... | 76 |
| Gràfic 2. Estimació de la despesa energètica mensual (kWh/mes) per cobrir les necessitats de la instal·lació..... | 77 |
| Gràfic 3. Estimació de la despesa energètica anual (kWh/any) per cobrir les necessitats de la instal·lació..... | 78 |
| Gràfic 4. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació..... | 129 |
| Gràfic 5. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació..... | 130 |
| Gràfic 6. Comparació de l'import segons l'opció per cobrir la instal·lació sigui A, C1, C2..... | 132 |

3. DESCRIPCIÓ DE LA PISCINA

3.1. Introducció

El disseny de la instal·lació de la piscina coberta preveu una sala principal amb la piscina i una sèrie de sales annexes (vestidor 1, vestidor 2 i vestíbul + passadís). Aquesta instal·lació esportiva té un caràcter municipal i està dirigida a tots els sectors de la població jove i adulta de les rodalies.

L'edifici té forma rectangular. L'eix principal va de l'est a l'oest per criteris bioclimàtics, tenint en compte que la instal·lació està ubicada en un indret de clima mediterrani. En la figura s'observa la representació gràfica de l'edifici obtinguda mitjançant el programa informàtic LIDER (Figura 11).

Per la realització del present estudi es parteix d'una instal·lació de la piscina de disseny propi. S'ha adoptat una possible configuració arquitectònica i constructiva molt simple, evidentment discutible, però en tot cas factible i per tant útil com a base d'estudi per aquest treball.

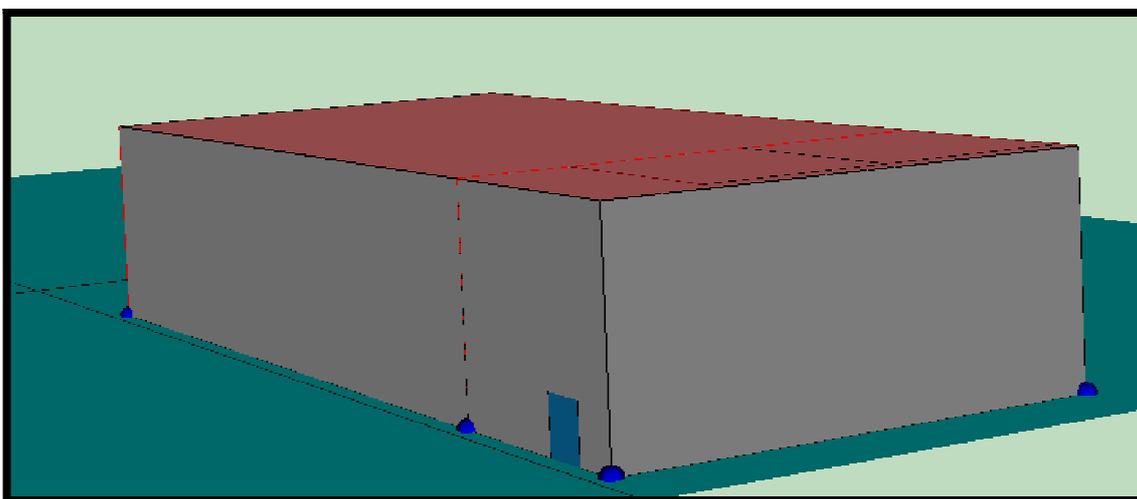


Figura 11. Representació gràfica de l'estructura de l'edifici on s'ubicarà la instal·lació de la piscina climatitzada. En la figura és pot observar l'estructura rectangular de l'edifici i la seva simplicitat.

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, l'edifici té forma rectangular, amb les façanes nord i sud amb major dimensió que les façanes oest i est. Les dimensions de cada una de les façanes s'especifiquen a continuació:

L'aigua continguda en l'aire que és eliminada per la renovació de l'aire en el cas més desfavorable és de **15,3 kg H₂O/h**.

Aquesta aigua eliminada no és suficient per eliminar la massa d'aigua evaporada ($M_e = 58,47$ kg/h).

Per tant és necessari eliminar la resta de massa d'aigua evaporada a l'aire que no s'elimina amb renovació de l'aire. Per eliminar la resta de massa d'aigua evaporada es fa servir una unitat de condicionament de l'aire amb recuperació de la calor.

La quantitat d'aigua a eliminar per la bomba de calor és de **43,17 kg/h**. Aquest valor de demanda de deshumectació i ens serveix per seleccionar la unitat de condicionament de l'aire amb recuperació de la calor.

En la (Taula 22) s'observen l'aigua que s'ha d'eliminar per la unitat de condicionament segons el mes.

Taula 22. Resultats de l'aigua que s'ha d'eliminar per la unitat de condicionament de l'aire de la piscina. Es mostren els valor de temperatura mitjana (°C), humitat relativa mitjana (%) i humitat absoluta de l'aire (kg H₂O/kg d'aire sec), densitat de l'aire (kg aire/m³ aire), l'aigua que s'introdueix (kg aire/h) i l'aigua a l'eliminar per la unitat de condicionament (kg aigua/h).

| Mes | T° Mitja (°C) | Humitat relativa mitja % | Humitat absoluta de l'aire interior (kg H ₂ O/kg d'aire sec) | Densitat aire (kg aire/m ³ aire) | L'aigua que s'introdueix (kg aigua/h) | Aigua a eliminar per la unitat de cond. (kg aigua/h) |
|----------|---------------|--------------------------|---|---|---------------------------------------|--|
| Gener | 6,2 | 72 | 0,0042 | 1,3 | 37,4 | -22,2 |
| Febrer | 7,2 | 69 | 0,0044 | 1,3 | 39,0 | -20,6 |
| Març | 9,3 | 67 | 0,0048 | 1,2 | 42,1 | -17,5 |
| Abril | 13,7 | 66 | 0,0066 | 1,2 | 56,9 | -2,7 |
| Maig | 15,6 | 68 | 0,0076 | 1,2 | 65,1 | 5,4 |
| Juny | 20,3 | 67 | 0,01 | 1,2 | 83,9 | 24,3 |
| Juliol | 25,1 | 63 | 0,0125 | 1,2 | 102,8 | 43,2 |
| Agost | 23,5 | 67 | 0,0122 | 1,2 | 100,8 | 41,2 |
| Setembre | 19,6 | 73 | 0,0105 | 1,2 | 88,1 | 28,5 |
| Octubre | 15,2 | 74 | 0,0086 | 1,2 | 73,6 | 14,0 |
| Novembre | 10 | 75 | 0,0057 | 1,2 | 49,9 | -9,7 |
| Desembre | 7,4 | 70 | 0,0051 | 1,3 | 45,2 | -14,4 |

Tal i com s'observa en la taula (Taula 22) es pot observar que en molts mesos l'aire de la sala de la piscina seria més sec del que hauria de ser, però aquest fet no és important perquè es contraresta el fet que la introducció d'aire sec provoca una major evaporació de l'aigua de la piscina. Aquest fet provoca que es tendeixi cap a un equilibri.

4.1.7. Necessitats energètiques de la sala de la piscina a l'estiu

En una piscina climatitzada és més important mantenir de manera estricta la temperatura a l'hivern que a l'estiu ja que les persones toleren menys el fred que la calor.

A l'estiu, la refrigeració és un part secundària sobre les preferències a l'hora de dimensionar la instal·lació per la climatització de la piscina, ja que el cos humà en la sala de piscina pot tolerar temperatures molt superiors a les que està dissenyada la piscina i en cas d'incomoditat de l'usuari per l'ambient es pot tirar a la piscina per refrescar-se.

Per tant, l'apartat de refrigeració de la piscina no es considerant pel dimensionament dels equips. La capacitat de refrigeració de la instal·lació serà en funció dels equips dimensionats per cobrir les necessitats energètiques calorífiques i no de les necessitats reals de refrigeració de la sala de la piscina.

4.2. Despesa energètica per la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

L'aigua calenta sanitària (ACS) requereix d'un procés d'escalfament ja que la temperatura de l'aigua de xarxa no és suficientment alta per garantir unes condicions tèrmiques adequades. Per tant, dintre del balanç de despeses energètiques d'aquesta instal·lació cal incloure les necessitats energètiques per la producció d'ACS, que serveixen per escalfar l'aigua de xarxa per la seva utilització com ACS.

Hi ha dos sistemes per l'obtenció d'ACS:

- **Sistema instantani**

La característica més destacable dels sistemes de producció instantanis són que el disseny dels intercanviadors està condicionat pel moment de màxima demanada de la instal·lació, assegurant que la caldera escalfi l'aigua de consum al mateix temps que es demanda. Per això, aquests sistemes requereixen d'una capacitat d'escalfament molt elevada per compensar la manca d'acumulació i la ràpida resposta que ha de tenir el sistema.

Com elements auxiliars aquests sistemes requereixen de bombes en el circuit primari, encarregades de fer circular l'aigua dels col·lectors de calderes als intercanviadors.

- Sistema de producció amb acumulació

Per reduir la potència necessària en la producció d'ACS i al mateix temps obtenir un funcionament més homogeni de la instal·lació s'utilitzen els sistemes amb acumulació en dipòsits. L'ACS es mantinguda en ells fins al moment del seu ús, de manera que en els pics de demanda de l'edifici s'utilitza l'aigua acumulada. Aquests sistemes requereixen d'una potència inferior a la del sistema de producció instantani.

Els sistemes d'acumulació es poden classificar en dos tipus: 1) acumulació i 2) semi acumulació. Els sistemes de producció amb acumulació estan dissenyats per atendre la demanda punta amb l'aigua acumulada, en canvi els sistemes de semi acumulació només poden fer front a part d'aquesta demanda, requerint l'ajuda de més producció per cobrir la necessitat completa.

En el present estudi el sistema emprat per la producció d'ACS és el de **producció amb acumulació**.

4.2.1. Normativa sobre la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

El "Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis" (RITE) del 2007, regula que les necessitats energètiques per la producció d'aigua calenta sanitària (ACS) han de ser cobertes parcialment per energia solar. La contribució solar mínima en la climatització de piscines cobertes de nova construcció estan regulades en el Codi Tècnic de la Edificació, on s'estableixen uns criteris d'estalvi amb aprofitament de l'energia del sol. Aquest criteri es mostra en DB-HE 4 apartat 2.1.2. on es divideix el territori amb diferents àrees (I a V). A cada una de les àrees s'ha associat una cobertura solar mínima segons la zona climàtica en la qual es situa la instal·lació en el mapa (Taula 23).

Taula 23. La cobertura solar mínima segons la situació de la instal·lació. Descripció del percentatge d'energia solar mínima a utilitzar en una instal·lació en funció de la zona climàtica en la que es troba ubicada.

| % Energia solar mínima | Zones Climàtiques | | | | |
|------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | I | II | III | IV | V |
| Piscines cobertes | 30% | 30% | 50% | 60% | 70% |

Com s'ha comentat en l'apartat anterior (2.6) la zona climàtica dins la qual queda acollida la població de Banyoles, i per tant dins la qual es troba la instal·lació d'aquest estudi és la numero III.

Aquesta contribució solar mínima determinada per l'aplicació de l'exigència marcada en la secció DB-HE 4, es pot disminuir o eliminar justificadament en diferents casos. Un dels casos en el qual es pot disminuir la contribució solar mínima és quan el tractament de l'ACS es realitza mitjançant energies renovables, processos de cogeneració o fonts d'energia residual procedent de la instal·lació de recuperadors de la calor aliens a la pròpia generació de calor de l'edifici. En el present estudi es compleix amb aquesta norma ja que s'obindrà l'energia a partir d'una caldera de pèl·lets i una bomba de calor que recuperar la calor de les aigües residuals urbanes (ARU) del clavegueram.

En el mateix DB-HE 4 del Codi Tècnic de la Edificació (CTE) en l'apartat 3.1.1. es descriu que la demanda d'ACS en un gimnàs és de 20 o 25 l per usuari. En el mateix apartat també es determina que els valors ambientals de temperatura i humitat es fixaran en el projecte, la temperatura seca de l'aire del local serà entre 20°C i 3°C major que la de l'aigua del vas, amb un mínim de 26°C i un màxim de 28°C, i la humitat relativa de l'ambient es mantindrà entre 55% i el 70%, sent recomanable escollir el valor de 60% humitat relativa.

Degut a la importància de la prevenció de la legionel·losis en la producció d'ACS, les instal·lacions de producció d'ACS amb acumulació i recirculació són instal·lacions classificades en el grup 1, és a dir, de major risc. Les condicions de funcionament habituals a mantenir són:

- L'aigua s'ha d'acumular a una temperatura mínima 60°C.
- En els punts més allunyats de la instal·lació la temperatura ha de ser com a mínim de 50 °C.
- La instal·lació ha de permetre que l'aigua arribi als 70°C.
- Si el dipòsit d'acumulació no assegura de forma continua una temperatura pròxima a 60°C, s'ha de garantir posteriorment que s'arribi a una temperatura de 60°C en un altre acumulador final abans de la distribució cap el consum.
- La temperatura de l'aigua freda s'ha de mantenir lo més baixa possible, procurant, on les condicions climàtiques ho permetin, una temperatura inferior als 20°C. Per això, les canonades estaran suficientment allunyades de les aigües calentes o aïllades tèrmicament.

- Cal disposar de sistemes de filtracions en l'aigua de la xarxa i de filtres mecànics de partícules, amb dimensions compreses entre 80 µm i 150 µm segons la norma UNE-EN 13.443 part 1.
- Cal facilitar l'accessibilitat als equips per la seva inspecció, neteja, desinfecció i recollida de mostra.
- Cal disposar d'un sistema de vàlvules de retenció segons la norma UNE-EN 1.717, que evitin retorns d'aigua per pèrdua de pressió o disminució del cabal de subministrament i, en especial, quan sigui necessària, per evitar mescles d'aigua de diferents circuits, qualitats o usos.

L'esquema del desenvolupament de la legionel·la segons la temperatura de l'aigua es mostra en la següent figura (Figura 18):

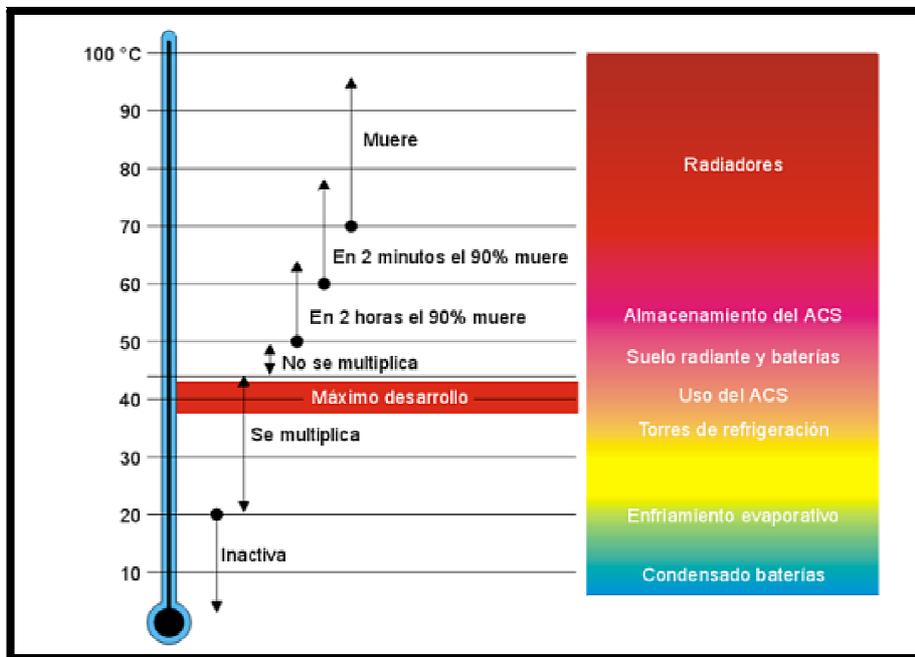


Figura 18. Esquema del desenvolupament de la legionel·la segons la temperatura. Font: Programa informàtic Sedical.

4.2.2. Necessitats en la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

En aquest estudi s'han considerat els següents supòsits pel càlcul de les necessitats energètiques per la producció d'ACS:

- El consum mitjà per usuari per dutxa = 25 l
- El consum en hora punta = 2000 l

- El consum diari d'ACS = 15000 l/d
- El temps d'acumulació en el dipòsit = 2 hores
- La capacitat d'acumulació = 100% del consum en hora punta.

Suposant que la capacitat d'acumulació ha de cobrir el 100% del consum en hora punta, la capacitat d'acumulació haurà de ser de **2000 l**.

$$Q_{ACS} = \frac{V_{acm} * C_{H2O}}{t_{acm}} (T_d - T_x)$$

On ,

Q_{ACS} és la potència necessària per l'escalfament (W)

V_{acm} és el volum d'aigua que s'ha d'escalfar (l)

C_{H2O} és la capacitat calorífica de l'aigua (Wh/kg°C)

T_d és la temperatura a que s'ha d'escalfar l'aigua (°C)

T_x és la temperatura de l'aigua de la xarxa (°C)

t_{acm} és temps de preparació (h)

La potència necessària per l'escalfament (**Q_{ACS}**) ha de cobrir les pèrdues màximes per les necessitats d'ACS que són de **64 kW** (veure annex de càlculs).

L'energia emprada per escalfar l'aigua es determina en dos períodes: 1) període de consum on l'aigua s'ha d'escalfar des de la temperatura de xarxa fins a la temperatura d'acumulació, aquest període correspon al d'obertura al públic, i 2) període de manteniment que correspon al període en el que la piscina no està oberta al públic, i que en aquest estudi s'ha menystingut. El consum d'ACS d'aquest estudi s'ha calculat doncs per les 15 hores en les que la piscina està en funcionament durant tots els dies de l'any.

Per trobar la despesa energètica per les necessitats d'ACS s'ha aplicat la següent equació:

$$Q_{ACS} = C_{diari} * \rho_{H2O} * C_{H2O} * \Delta T$$

On,

Q_{ACS} és la despesa energètica diària per cobrir les necessitats d'escalfar l'ACS (kcal/dia)

C_{diari} és el consum diari d'ACS (L/dia)

ρ_{H2O} és la densitat de l'aigua (1 kg/L)

C_{H2O} és la capacitat calorífica de l'aigua (1kcal/kg°C)

ΔT és la diferència de temperatura entre la temperatura d'acumulació i la temperatura de l'aigua de xarxa (°C)

Per cada mes s'ha calculat el consum energètic diari operant l'anterior equació (Taula 24):

Taula 24. Estimació de la despesa mensual de les necessitats energètiques per escalfar l'ACS. En la taula s'expressen els valor mensuals de d (dies que compren el mes), T_x (temperatura de xarxa, en °C), T_{acu} (temperatura d'acumulació en els dipòsits d'ACS, en °C), ΔT (diferència de temperatura entre T_x i T_{acu} , en °C), Q_{ACS} (despesa energètica diària per cobrir les necessitats d'escalfar l'ACS, en kcal/dia), Q_{ACS} (despesa energètica diària per cobrir les necessitats d'escalfar l'ACS, en kWh/dia) i Q_{ACS} (despesa energètica mensual per cobrir les necessitats d'escalfar l'ACS, en kWh/mes).

| Mes | d (dia/mes) | T_x (°C) | T_{acu} (°C) | ΔT (°C) | Q_{ACS} (kcal/dia) | Q_{ACS} (kWh/dia) | Q_{ACS} (kWh/mes) |
|--|-------------|------------|----------------|-----------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Gener | 31 | 5 | 60 | 55 | 825.000 | 959,5 | 29.744 |
| Febrer | 29 | 5 | | 55 | 825.000 | 959,5 | 27.825 |
| Març | 31 | 6 | | 54 | 810.000 | 942,0 | 29.203 |
| Abril | 30 | 8 | | 52 | 780.000 | 907,1 | 27.214 |
| Maig | 31 | 10 | | 50 | 750.000 | 872,3 | 27.040 |
| Juny | 30 | 12 | | 48 | 720.000 | 837,4 | 25.121 |
| Juliol | 31 | 13 | | 47 | 705.000 | 819,9 | 25.417 |
| Agost | 31 | 12 | | 48 | 720.000 | 837,4 | 25.958 |
| Setembre | 30 | 10 | | 50 | 750.000 | 872,3 | 26.168 |
| Octubre | 31 | 8 | | 52 | 780.000 | 907,1 | 28.121 |
| Novembre | 30 | 7 | | 53 | 795.000 | 924,6 | 27.738 |
| Desembre | 31 | 5 | | 55 | 825.000 | 959,5 | 29.744 |
| Estimació despesa energètica del consum ACS (kWh/any) | | | | | | | 329.292 |

D'altra banda, l'estimació de la despesa energètica anual per escalfar l'ACS és de **329.292 kWh/any**, tal i com figura en la taula anterior (Taula 24).

4.3. Necessitats calorífiques de les sales annexes a la sala de la piscina

Les sales annexes a la sala de la piscina són:

- El vestidor 1.
- El vestidor 2.
- El vestíbul i passadís.

En aquest apartat es calculen les pèrdues de calor que es donen per climatitzar cada una d'aquestes sales annexes durant l'hivern. Aquesta despesa de calor és el resultat de la suma de la pèrdua de calor associada a la transmissió i a la pèrdua de calor associada a la ventilació de l'aire. De manera simplificada s'ha calculat la necessitat calorífica del dos vestuaris i del passadís a l'hivern. Durant l'època estival les sales annexes no estaran climatitzades.

En la taula (Taula 25) es mostren les característiques de les sales annexes establertes pel càlcul de les seves pèrdues de calor.

Taula 25. Característiques de les sales annexes.

| Característica | Unitat | Valor |
|---|----------------|--------------|
| Superfície del conjunt de sales annexes | m ² | 225 |
| Superfície del vestidor 1 | m ² | 79,5 |
| Superfície del vestidor 2 | m ² | 76,5 |
| Superfície del vestíbul i passadís | m ² | 69 |
| Humitat relativa a l'interior de les sales annexes a hivern | % | 55 |
| Temperatura de l'aire interior de les sales annexes a hivern | °C | 23 |
| Categoria de sobre la qualitat de l'aire de l'interior de les sales (IDA) | - | 2 |

4.3.1. Normativa per la calefacció a hivern de les sales annexes

En l'IT 1.1.4.2.3. del "Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis" (RITE) es fa referència a cabal mínim de l'aire exterior de ventilació. Una de les fórmules pel càlcul del cabal mínim descrites en el RITE és el mètode indirecte de cabal d'aire per unitat de superfície que serveix per espais no dedicats a ocupació humana permanent. En la següent taula s'observen els cabals d'aire exterior per unitat de superfície de locals no dedicats a ocupació humana permanent (Taula 26).

Taula 26. Cabals d'aire exterior per unitat de superfície de locals no dedicats a ocupació humana permanent. El cabal d'aire s'expressa en $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$

| Categoria | $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ |
|------------------|---|
| IDA1 | no aplicable |
| IDA2 | 0,83 |
| IDA3 | 0,55 |
| IDA4 | 0,28 |

En el RITE es descriuen els elements descrits en cada una de les categories de la taula anterior (Taula 26). La categoria de l'aire per les sales annexes és del tipus IDA 2, per tant el cabal d'aire exterior per unitat de superfície és de $0,83 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Els cabals mínims de ventilació s'han calculat (veure annex càlculs) per cada una de les tres sales annexes es mostren en la següent taula (Taula 27):

Taula 27. Cabals mínims de ventilació d'aire de l'exterior (l/s)

| Sala annexa | Cabal mínim de ventilació d'aire de l'exterior (l/s) |
|---------------------|---|
| Vestidor 1 | 66 |
| Vestidor 2 | 63 |
| Vestíbul i passadís | 57 |

4.3.2. Pèrdues de calor de les sales annexes

A partir de les dades de les taules anteriors de característiques de les sales annexes (Taula 25) i dels cabals mínims de ventilació de l'aire exterior (Taula 27) s'ha calculat les pèrdues de calor per cobrir les necessitats energètiques de cada sala annexa a hivern. En l'annex de càlculs hi figura la metodologia seguida pel càlcul de les pèrdues de les sales annexes.

En la següent taula (Taula 28) s'observen les pèrdues per transmissió, de ventilació i les totals de cada una de les sales annexes.

Taula 28. Pèrdues de calor de les sales annexes. La pèrdua total (kW) es descriu com la suma de les pèrdues per transmissió (kW) i per ventilació (kW) de cada una de les sales annexes.

| Sala annexa | Pèrdues per transmissió (kW) | Pèrdues per ventilació (kW) | Pèrdua total (kW) |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Vestidor 1 | 5,3 | 4,1 | 9,4 |
| Vestidor 2 | 4,96 | 3,9 | 8,9 |
| Vestíbul i passadís | 8,3 | 3,6 | 11,9 |
| Conjunt de sales annexes | 18,56 | 11,6 | 30,2 |

La suma de les pèrdues totals de cada sala ens permet obtenir la pèrdua màxima de calor del conjunt de les sales annexes, que ha resultat ser de **30,2 kW**.

El coeficient general de pèrdues de calor (UA) de totes les sales annexes és de **1.146,91 W/K** (veure annex de càlculs).

L'estimació de la despesa està calculada per 15 hores de funcionament diari de la instal·lació. Per calcular l'estimació de la despesa de calefacció de les sales annexes mensual i anual s'utilitza de nou el mètode graus dia.

$$Q_{caannexes} = UA * ng * h \text{ (kWh/dia)}$$

On,

Qcaannexes és L'estimació de la despesa de calefacció de les sales annexes (kWh/dia)

ng és el graus-dia de calefacció per a un període determinat

h és el nombre d'hores diàries durant les quals es desitja mantenir una mateixa temperatura a l'interior del local (15h/dia).

UA és el coeficient general de pèrdues de calor

El **mètode de graus-dia (GD)** permet mesurar les despeses d'energia per la calefacció d'una edificació. La calefacció d'un període amb una temperatura base (23°C, en aquest estudi) és la suma, per a tots els dies d'aquest període, de la diferència entre la temperatura base i la temperatura mitjana del dia, sempre i quan el valor de la temperatura mitjana diària sigui inferior a la temperatura base. En la taula (Taula 29) es pot observar els graus-dia 23/23 per les dades climatològiques utilitzades en el present estudi.

Taula 29. Graus-dia de calefacció 23/23. En la taula es reflecteixen els valor de d (dies que conformen el mes), T_d (suma de la temperatura màxima i mínima dividida per 2, en °C) i GD (valor graus-dia, en Kdia/mes).

| Mes | d (dia/mes) | T_d (°C) | GD 23/23 (Kdia/mes) |
|------------------------|-------------|------------|---------------------|
| Gener | 31 | 7,4 | 483,6 |
| Febrer | 29 | 8,45 | 421,95 |
| Març | 31 | 10,45 | 389,05 |
| Abril | 30 | 11,85 | 334,5 |
| Maig | 31 | 15,8 | 223,2 |
| Juny | 30 | 19,15 | 115,5 |
| Juliol | 31 | 22,6 | 12,4 |
| Agost | 31 | 22,6 | 12,4 |
| Setembre | 30 | 17,8 | 156 |
| Octubre | 31 | 15,2 | 241,8 |
| Novembre | 30 | 10,8 | 366 |
| Desembre | 31 | 8,05 | 463,45 |
| Anual(Kdia/any) | | | 3219,85 |

L'estimació de la despesa mensual de les necessitats energètiques de la calefacció per la sala de la piscina s'observa en la següent taula (Taula 30):

Taula 30. Estimació de la despesa mensual de les necessitats energètiques de calefacció per les sales annexes. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{CA} (estimació de la despesa mensual en calefacció, en kWh/mes) de les sales annexes.

| Mes | $Q_{ca annexes}$ (kWh/mes) |
|------------------------|----------------------------|
| Gener | 8.320 |
| Febrer | 7.259 |
| Març | 6.693 |
| Abril | 5.755 |
| Maig | 3.840 |
| Juny | 1.987 |
| Juliol | 213 |
| Agost | 213 |
| Setembre | 2.684 |
| Octubre | 4.160 |
| Novembre | 6.297 |
| Desembre | 7.973 |
| Anual (kWh/any) | 55.393 |

Estimació de la despesa energètica anual per les cobrir les necessitats de la calefacció per a sales annexes són de **55.393 kWh/any**.

4.4. Resum necessitats energètiques de la instal·lació en règim estacionari

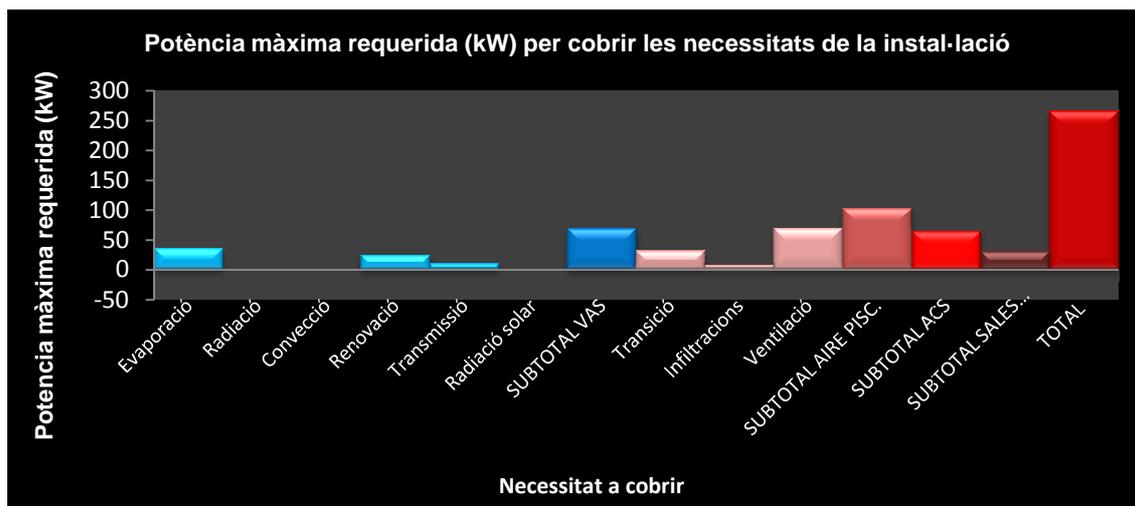
En aquest apartat del projecte es mostren les taules i els gràfics que resumeixen la potència màxima requerida en règim estacionari per cobrir les quatre necessitats i les estimacions anuals de despesa energètica.

La potència màxima a règim estacionari de la instal·lació per cobrir les seves necessitats és de **265,8 kW** tal i com es mostra a continuació (Gràfic 1; Taula 31).

Taula 31. Resum de les potències requerides (kW) en règim estacionari amb manta tèrmica. La potència màxim a règim estacionari és el resultat de la suma de la capacitat del vas, de l'aire, l'aigua Calenta Sanitària (ACS) i del conjunt de sales annexes.

| Règim continu amb manta tèrmica | Capacitat (kW) |
|--|-----------------------|
| Evaporació | 35,57 |
| Radiació | 0 |
| Convecció | -0,49 |
| Renovació | 24,2 |
| Transmissió | 9,82 |
| Radiació solar | 0 |
| Subtotal vas | 69,1 |
| Transició | 31,4 |
| Infiltracions | 6,83 |
| Ventilació | 69,27 |
| Subtotal aire | 102,5 |
| Subtotal ACS | 64 |
| Subtotal sales annexes | 30,2 |
| TOTAL | 265,8 |

Els resultats mostren que l'aire és la necessitat que requereix de més aportació de potència en entrar en règim estacionari ja que més necessita 102,5 kW dels 265,8 kW totals. En el cas de les necessitats del vas de la piscina inclou la suma de les pèrdues d'evaporació, radiació, convecció, renovació, transmissió i radiació solar. Observant el gràfic s'observa que les necessitats del vas de la piscina i les necessitats per la producció ACS requereixen una potència màxima semblant. En canvi, per cobrir les necessitats per calefactar a hivern les sales annexes requereixen una potència menor que les altres necessitats de la instal·lació.



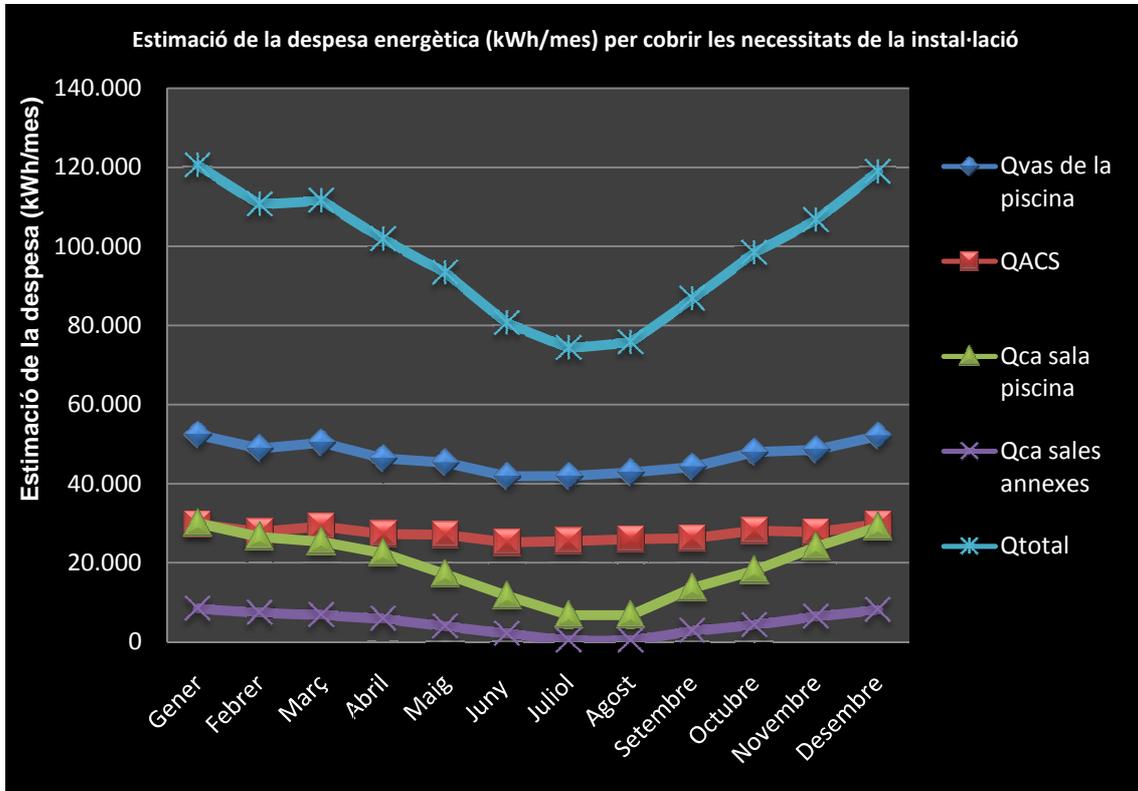
Gràfic 1. Potència màxima requerida (kW) per cobrir les necessitats de la instal·lació.

L'estimació de la **despesa total energètica** anual per cobrir les necessitats de la instal·lació és de **1.178.632 kWh/any** i s'ha calculat a partir de les estimacions mensuals (Taula 32).

Taula 32. Estimació de la despesa mensual de les necessitats energètiques per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{vas} (estimació de la despesa mensual per cobrir les necessitats del vas de la instal·lació, expressada en kWh/mes), Q_{ACS} (estimació de la despesa mensual per cobrir les necessitats de producció d'ACS, expressada en kWh/mes), $Q_{ca \text{ sala pisc.}}$ (estimació de la despesa mensual per cobrir les necessitats de calefacció de la sala de la piscina, expressada en kWh/mes), $Q_{ca \text{ annexes}}$ (estimació de la despesa mensual per cobrir les necessitats de calefacció de les sales annexes, expressada en kWh/mes) i Q_{total} (estimació de la despesa total mensual per cobrir totes les necessitats de la instal·lació, expressada en kWh/mes).

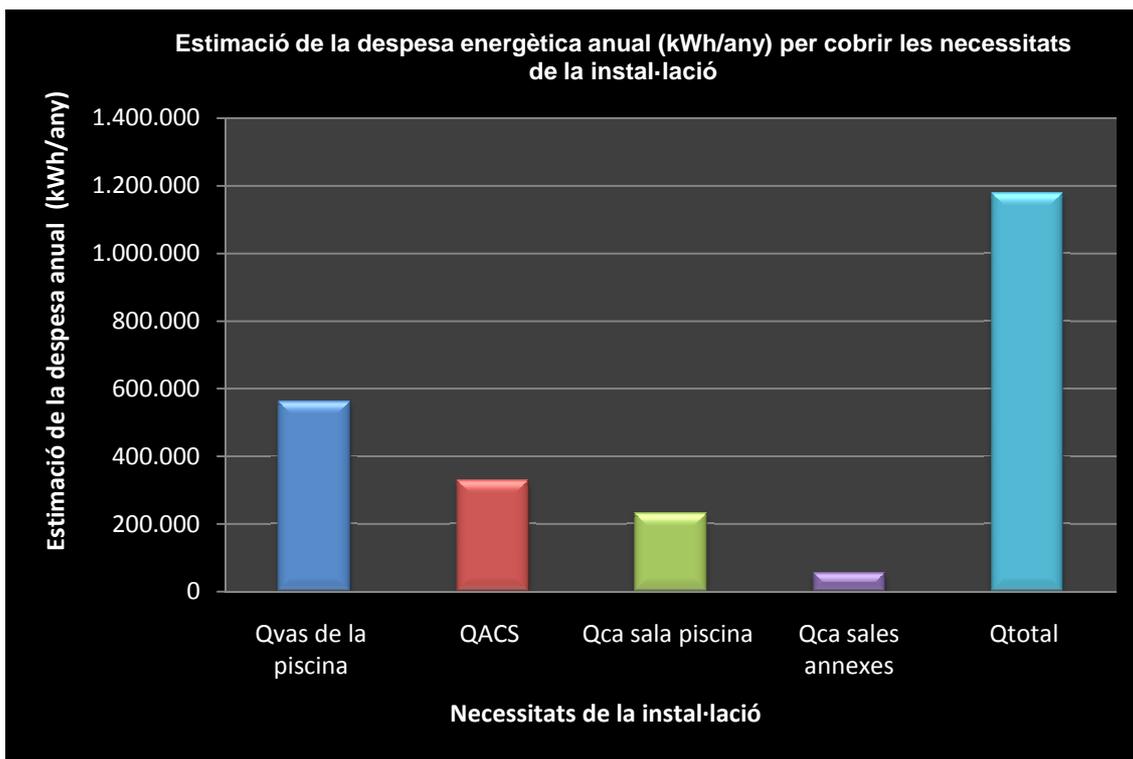
| Mes | Q_{vas} (kWh/mes) | Q_{ACS} (kWh/mes) | $Q_{ca \text{ sala pisc.}}$ (kWh/mes) | $Q_{ca \text{ annexes}}$ (kWh/mes) | Q_{total} (kWh/mes) |
|----------------------------|------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Gener | 52.381 | 29.744 | 30.013 | 8.320 | 120.457 |
| Febrer | 48.919 | 27.825 | 26.573 | 7.259 | 110.576 |
| Març | 50.329 | 29.203 | 25.343 | 6.693 | 111.568 |
| Abril | 46.383 | 27.214 | 22.451 | 5.755 | 101.803 |
| Maig | 45.306 | 27.040 | 17.150 | 3.840 | 93.336 |
| Juny | 41.822 | 25.121 | 11.633 | 1.987 | 80.562 |
| Juliol | 41.865 | 25.417 | 6.738 | 213 | 74.234 |
| Agost | 42.778 | 25.958 | 6.738 | 213 | 75.687 |
| Setembre | 44.197 | 26.168 | 13.633 | 2.684 | 86.681 |
| Octubre | 47.966 | 28.121 | 18.069 | 4.160 | 98.316 |
| Novembre | 48.559 | 27.738 | 24.007 | 6.297 | 106.600 |
| Desembre | 52.075 | 29.744 | 29.018 | 7.973 | 118.810 |
| Anual (kWh/any) | 562.583 | 329.292 | 231.364 | 55.393 | 1.178.632 |

La representació gràfica de la despesa energètica mensual (kWh/mes) per cobrir les necessitats de la instal·lació es mostra a continuació (Gràfic 2).



Gràfic 2. Estimació de la despesa energètica mensual (kWh/mes) per cobrir les necessitats de la instal·lació.

L'estimació de la despesa energètica és més elevada en els mesos hivern. Per contra, els mesos d'estiu la despesa energètica és especialment menor en la sala de la piscina i la resta de sales annexes. En quan a l'estimació de la despesa per cobrir les necessitats energètiques per la producció d'ACS i del vas de la piscina són molt més constant al llarg de l'any, ja que la en el cas de la producció no depèn de la temperatura exterior (només depèn de la temperatura de l'aigua de xarxa) i en el cas de les necessitats pel vas de la piscina perquè no depèn tant de la temperatura exterior com és el cas de la climatització de la sala de la piscina i les sales annexes.



Gràfic 3. Estimació de la despesa energètica anual (kWh/any) per cobrir les necessitats de la instal·lació.

Estimació de la despesa energètica per cobrir les necessitats de la instal·lació de la piscina anual és de **1.178.632 kWh/any**.

La despesa anual (Gràfic 3) més elevada és la destinada a cobrir les necessitats del vas de la piscina. Pel que fa a la necessitat de climatitzar la sala de la piscina, tot i ser la que requereix més potència, a nivell de la despesa anual té un pes menor sent la tercera despesa del total de les quatre estudiades. Aquest fet pot deures a l'elevada variabilitat al llarg de l'any.

5. EQUIPS PRINCIPALS DE LA INSTAL·LACIÓ

5.1. Caldera de biomassa

La caldera de biomassa de la instal·lació té la funció de suplir totes aquelles necessitats tèrmiques que no es pugui cobrir a partir de la calor recuperada de les aigües residuals urbanes (ARU). Mitjançant la caldera de biomassa es cobreixen les quatre necessitats de la instal·lació. A continuació es descriu la funció de la caldera per cada una d'aquestes necessitats:

- **Necessitats del vas de la piscina:** en aquest cas la caldera de biomassa s'utilitza per cobrir una part de les necessitats energètiques en règim transitori. En règim estacionari la caldera tindrà una funció de recolzament passant a ser part del circuit auxiliar de la instal·lació ja que la bomba de calor ja cobreix les necessitats del vas de la piscina en condicions de funcionament normal de la instal·lació. L'energia produïda es transfereix a l'aigua de xarxa mitjançant un bescanviador de calor.
- **Necessitats per la producció d'aigua calenta sanitària (ACS):** la instal·lació s'ha dissenyat perquè es puguin cobrir les necessitats de producció d'ACS només amb la caldera, no obstant en condicions normals la instal·lació s'alimenta de l'aportació conjunta de la bomba de calor i la caldera de biomassa. L'energia produïda per la caldera es transfereix a l'aigua de xarxa mitjançant un bescanviador de calor.
- **Necessitats per cobrir les necessitats tèrmiques de les sales annexes:** en aquest cas la caldera s'utilitza com a recolzament, perquè en condicions normals les necessitats es cobreixen mitjançant la bomba de calor. L'aigua calenta produïda per la caldera de biomassa alimenta les bateries dels fan-coils de cada sala annexa.
- **Necessitats per cobrir les necessitats de l'aire de l'interior de la piscina:** en aquest cas la caldera de biomassa s'utilitza per cobrir part de les necessitats energètiques en règim estacionari. L'aigua calenta produïda pel productor de calor alimenta la bateria addicional de la unitat de condicionament de l'aire de la sala de la piscina.

Per tant, la necessitat màxima que ha de cobrir la caldera de biomassa serà de **289 kW**. En la següent taula (Taula 33) s'observa la potència màxima que cobreix la caldera de biomassa per cada una de les necessitats.

Taula 33. Necessitats cobertes (kW) per la caldera de biomassa.

| Necessitats a cobrir | Potència màxima (kW) |
|---|----------------------|
| Necessitats del vas de la piscina (part de les necessitats en regim transitori) | 92 |
| Necessitats en l'aire interior de la sala de la piscina | 102,5 |
| Necessitats tèrmiques calorífiques de les sales annexes | 30,2 |
| Necessitats en la producció d'ACS | 64 |
| Total | 288,7 |

5.1.1. Elecció de la caldera de biomassa

En aquest projecte s'ha escollit una caldera de biomassa com a generador de calor enlloc de la utilització d'una caldera convencional.

S'ha escollit un equip generador d'energia d'alt rendiment perquè té una sèrie d'avantatges respecte a les calderes convencionals de gas i gasoil. Els avantatges de les calderes de biomassa són les següent:

- **Estalvi econòmic:** el preu del combustible (pèl·lets) és més econòmic i estable que no pas els combustibles convencional (combustibles fòssils). L'amortització de la caldera de biomassa en comparació amb les calderes de gasoil pot arribar a ser de dos anys.
- **Reducció de les emissions de CO₂:** el carboni que és emès a l'atmosfera no aporta més CO₂ ja que prèviament el gas s'havia absorbit durant l'etapa de creixement de la fusta.

La selecció s'ha fet a partir de la potència màxima requerida que és de 289 kW. La caldera de biomassa escollida és la **Herz BioMatic 300**. Les característiques tècniques de la caldera de biomassa es poden veure resumides en la següent taula (Taula 34). S'ha decidit utilitzar només una caldera de biomassa enlloc de dos generadors per dos motius: 1) el rendiment d'aquesta caldera és molt elevat i 2) la normativa del "Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis" (RITE) en l'apartat IT 1.2.4.1.2.2 només estableix que s'ha utilitzar dos generadors per potències superior a 400 kW.

Taula 34. Característiques tècniques de la caldera de biomassa Herz BioMatic300.

| Dades tècniques | Unitats | Valors |
|---|----------------|---------------|
| Gamma de potència | kW | 79-300 |
| Pes de la caldera | kg | 2.900 |
| Tiro màx/min. admissible | mbar | 0,05/0,15 |
| Pressió màxima de treball | bar | 3 |
| Temperatura màxima d'impulsió | °C | 90 |
| Contingut d'aigua | l | 720 |
| Connexió elèctrica | V/Hz | 3x400/50Hz |
| Superfície de del bescanviador tèrmic | m ² | 23,15 |
| Pèrdua de pressió al costat aigua amb $\Delta T = 20$ K | PA | 2.600 |
| Caudal d'aigua $\Delta T = 20$ K | kg/h | 12.931 |
| Rendiment de la caldera | % | 93 |

5.1.2. Emplaçament de la caldera de biomassa a la sala de màquines

El disseny de la sala de màquines s'ha efectuat a partir de la normativa del RITE IT 1.3.4.1.2, on s'estableixen les característiques mínimes de seguretat que ha de tenir una sala de màquines. A continuació es nombre les més importants:

- Es considera sala de màquines al local tècnic on hi ha equips de producció de fred o calor amb una potència superior a 70 kW.
- L'accés normal a la sala de màquines no pot ser a través d'una obertura en el sòl o el sostre.
- Les portes d'accés ha de tenir una permeabilitat no superior a 1 l/(s*m²) sota una pressió diferencial de 100 Pa.
- Les dimensions de la porta han de ser suficients per permetre el moviment sense risc de fer malbé els equips.
- Les portes han de tenir panys de fàcil obertura des de l'interior, encara que hagin sigut tancades amb clau des de l'exterior. A l'exterior de la porta hi ha haver un cartell amb la inscripció: "Sala de màquines. Prohibida l'entrada a tota persona que no sigui del servei".
- Els tancaments de la sala han de ser una barrera contra la humitat.
- Entre la maquinaria i els element que delimiten la sala de màquines han de deixar els passos i accessos lliures per permetre el moviment dels equips.
- La connexió entre generadors de calor i xemeneia ha de ser perfectament accessible.

- Les instal·lacions tèrmiques han de ser perfectament accessibles en totes les seves parts de forma que es puguin realitzar adequadament i sense perill totes les operacions de manteniment, vigilància i conducció.
- L'altura mínima de la sala serà de 2,5 m i respectant una altura lliure de canonades i d'obstacles sobre la caldera de 0,5 m.

El generador Herz BioMatic 300 conjuntament amb les dues bombes de calor i la unitat de condicionament de l'aire està situada sota el paviment de la planta principal de la instal·lació en la sala de màquines. L'altura de la planta de la sala de màquines és de 3,5 metres i la ventilació és directa amb l'exterior. La porta d'accés a la sala de màquines des de l'exterior és de 2,5 metres per 2 metres d'amplada.

La caldera Herz BioMatic 300 s'ubica en punta N-E de la planta subterrània, la distància de la caldera de biomassa respecte a la paret és de 1 metre respecte a la paret N i 1 metre respecte a la paret E.

5.1.3. Biocombustible utilitzat en la caldera de biomassa Herz BioMatic 300

Hi ha diversos tipus de biocombustible que es poden utilitzar en les calderes de biomassa com són els pèl·let, estelles de fusta, briquetes, llenya, etc.

En aquest estudi el biocombustible que s'utilitza són els pèl·lets de fusta. El pèl·lets són de la marca **Lignus** i a continuació es resumeixen les seves característiques tècniques (Taula 35).

Taula 35. Característiques tècniques de pèl·let Lignus.

| Producte | Pèl·let |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Composició | 80 % Fusta de pi i 20% altres fustes |
| Diàmetre (mm) | 6 (\pm 0,5) |
| Llargada (mm) | $10 \leq L \leq 30$ |
| Humitat (Ma.%) | 7,4 |
| Contingut en cendres (Ma.%) | 0,5 |
| Durabilitat (DU) | 97,5 |
| Quantitat de Fins (F) | 2 |
| Densitat (kg/m ³) | 665 |
| PCI (kcal/kg) | 4.536 |
| Additius | Sense additius |

5.1.4. Descripció del magatzem de biocombustibles sòlids

El magatzem o sitja de biocombustible és el lloc on es disposa el biocombustible i des on el sistema d'alimentació el porta fins al cremador. Com que s'utilitza pèl·let com a biocombustible només és necessari un dipòsit amb inclinacions i cargol transportador.

S'ha dissenyat la sala d'emmagatzematge de biocombustibles sòlids a partir de la normativa del RITE IT 1.3.4.1.4, on s'estableixen les característiques que han de tenir el magatzem de biocombustibles. Les característiques més importants són les següents:

- Les instal·lacions alimentades amb biocombustibles sòlids han d'incloure un lloc d'emmagatzematge dins o fora l'edifici, destinat exclusivament per a aquest ús.
- En edificis nous la capacitat mínima d'emmagatzematge de biocombustible ha de ser la suficient per cobrir el consum de dues setmanes.
- En edificis nous, el magatzem de biocombustible sòlid i la sala de màquines han d'estar situats en locals diferents i amb les obertures per al transport des de l'emmagatzematge als generadors de calor dotades amb els elements adequats per evitar la propagació d'incendis de l'una a l'altre.
- Les parets, terra i sostre del magatzem no han de permetre filtracions d'humitat.
- Les parets i portes del magatzem han de ser capaces de suportar la pressió del biocombustible.
- No estan permeses les instal·lacions elèctriques dins del magatzem.

En el present estudi s'ha plantejat la col·locació d'una sitja situada arran de terra per facilitar la descàrrega per gravetat amb un camió basculant a sota nivell, ja que és la més simple i la que ofereix més comoditat a nivell logístic. L'embocadura de la sitja és de 2,5 x 1,25 m i està protegida amb una reixa de 15 x 15 cm per evitar caigudes a l'interior de la sitja. La sitja està soterrada a la mateixa altura que la sala de màquines però no es torba situada sota l'edifici de la piscina. Esta situada el costat de la punta N-E de la instal·lació de la piscina. En la següent figura s'il·lustra el procés de descàrrega dels pèl·lets del camió a la sitja (Figura 19).

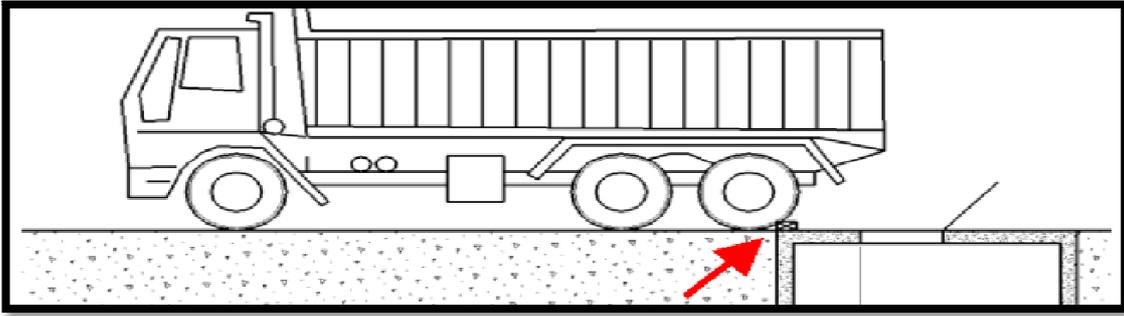


Figura 19. Esquema de la descarrega dels pèl·lets a la sitja soterrada. Font: http://www.ctfc.es/infobio/docs/4_Consideracions_Disseny_Instal_lacions_Calderes_Biomassa_Antoni_Hernandez.pdf

L'extracció dels pèl·lets de la sitja cap a la caldera es realitza mitjançant l'extractor de pèl·lets de manera automàtica i horitzontal tal i com s'observa en la següent figura (Figura 20).

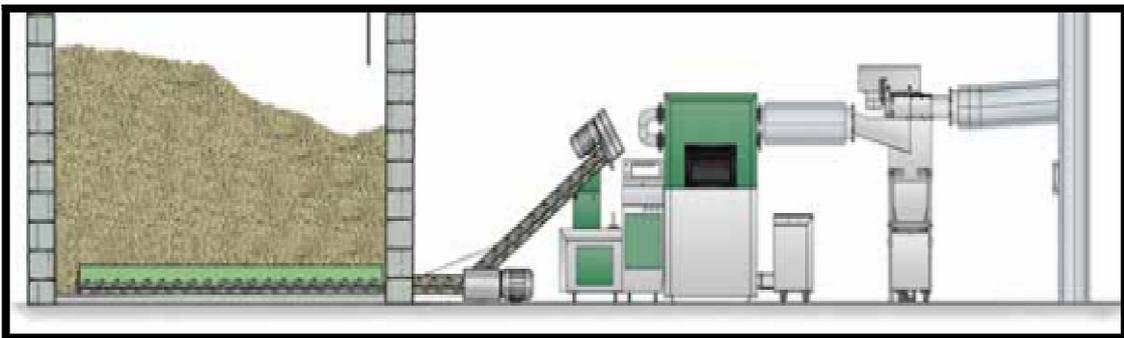


Figura 20. Extracció horitzontal de pèl·lets. Font: http://www.tondoenergia.com/dwn/4_biomatic_BC_220-500.pdf

5.2. Bomba de calor

Les bombes de calor de la instal·lació reben la calor recuperada en intercanviador del clavegueram i la bombegen de nou al nivell d'energia desitjat que permet-hi cobrir algunes de les necessitats calorífiques de la instal·lació. A continuació es descriu la funció de la bomba de calor per cada necessitat que ha de cobrir:

- **Necessitats del vas de la piscina:** en aquest cas la bomba de calor s'utilitza per cobrir part de les necessitats en règim transitori. En règim estacionari i condicions normals de funcionament la bomba de calor és capaç de cobrir totes

les necessitats del vas de la piscina. L'energia produïda per la bomba de calor a partir de la calor recuperada del clavegueram es transfereix a l'aigua de xarxa mitjançant un bescanviador de calor.

- **Necessitats per la producció d'ACS:** en aquest cas la bomba de calor s'utilitza per cobrir una part de les necessitats energètiques en règim estacionari. L'energia produïda per la bomba de calor es transfereix a l'aigua de la xarxa mitjançant un bescanviador de calor.
- **Necessitats per cobrir les necessitats tèrmiques de les sales annexes:** en aquest cas la bomba de calor s'ha dissenyat per cobrir totes les necessitats tèrmiques de les sales annexes en condicions normals. L'energia produïda per la bomba de calor es transfereix a la bateria dels fan-coils de cada sala annexa.

Per tant, la necessitat màxima que ha de cobrir la bomba de calor serà de **165 kW**. La potència màxima que cobreix la bomba de calor per cada una de les necessitats es mostra a continuació (Taula 36).

Taula 36. Necessitats cobertes (kW) per la bomba de calor

| Necessitats a cobrir | Potència màxima (kW) |
|---|----------------------|
| Necessitats del vas de la piscina | 70 |
| Necessitats tèrmiques calorífiques de les sales annexes | 30,2 |
| Necessitats en la producció d'ACS | 64 |
| Total | 164,2 |

5.2.1. Elecció de la bomba de calor

Les bombes de calor es poden classificar de moltes maneres, en aquest cas s'han classificat segons el medi d'origen i de destí de l'energia (Taula 37).

Taula 37. Classificació de les bombes de calor segons l'origen i el destí.

| Segons el medi d'origen i del destí de l'energia | Medi del que s'extreu l'energia | Medi al que es cedeix l'energia |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | AIRE | AIRE |
| AIRE | AIGUA | |
| AIGUA | AIRE | |
| AIGUA | AIGUA | |
| TERRA | TERRA | |
| TERRA | AIGUA | |

En aquest projecte, el medi on s'extreu l'energia són les aigües residuals urbanes (aigua) per tal de cedir-la a una instal·lació de calefacció d'aigua calenta (aigua) i per tant, s'ha utilitzat una **bomba de calor aigua - aigua**.

S'ha decidit que es disposaran de dues bombes de calor aigua-aigua per tal de tenir un camp de modulació més ampli, i que en cas d'averia d'una d'elles es disposarà d'un 50% de l'energia per cobrir les necessitats a partir de la recuperació de la calor de les aigües residuals mitjançant la bomba de calor no avariada.

Es proposen dues bombes iguals de la marca **Dimplex** i model **WI 90CG** dotada de les següents característiques (Taula 38).

Taula 38. Característiques de la bomba de calor Dimplex WI 90CG.

| Característiques | Valor |
|---|--------------|
| Dimensions | |
| Altura (mm) | 830 |
| Amplada (mm) | 1.480 |
| Longitud (mm) | 890 |
| Pes (kg) | 460 |
| Model de protecció segons la norma EN 60620 | IP 24 |
| Lloc d'instal·lació | Interior |
| Nivell de potència sonora (dB (A)) | 70 |
| Refrigerant / Pes (kg) | R407C / 15 |
| Limits de temperatura de funcionament | |
| Anada aigua per la calefacció °C | fins 55 |
| Aigua freda (font de calor) °C | 7 fins 25 |
| Tensió nominal (V) / Fusible protector (A) | 400/63 |
| Regulador | extern |

Mitjançant el programa informàtic Solkane s'ha dissenyat el cicle d'una de les bombes de calor amb les condicions proposades per la instal·lació. El diagrama de Pressió (Figura 21) (bar) - Entalpia (kJ/kg) i el de Temperatura (Figura 22) (°C) - Entropia (kJ/kgK) es mostren a continuació.

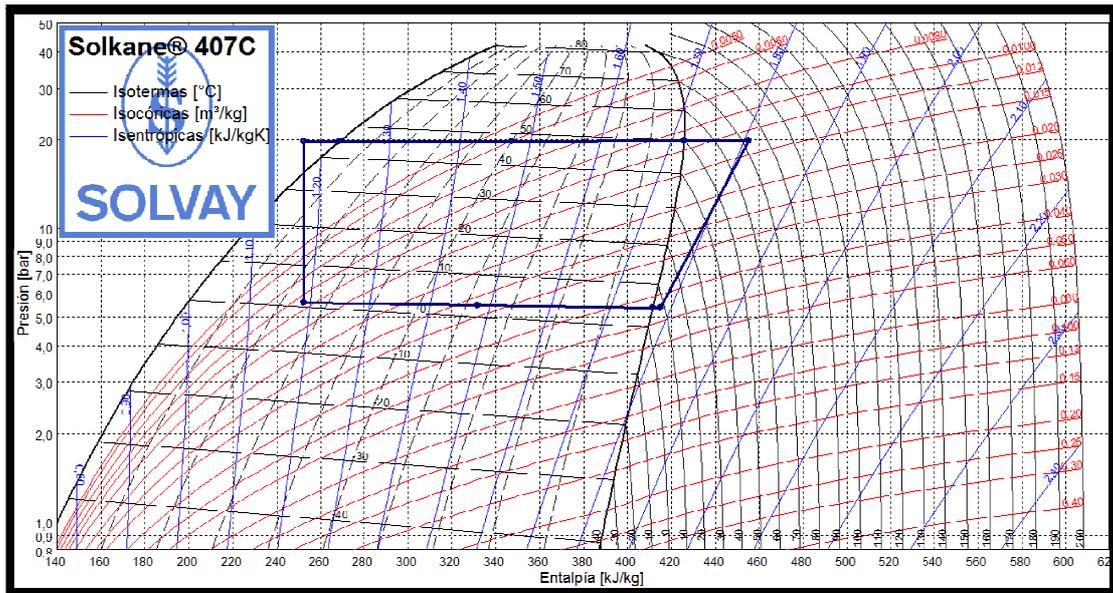


Figura 21. Diagrama Pressió - Entalpia del cycle de la bomba de calor utilitzada en la instal·lació. El diagrama s'ha obtingut amb el programa Solkane.

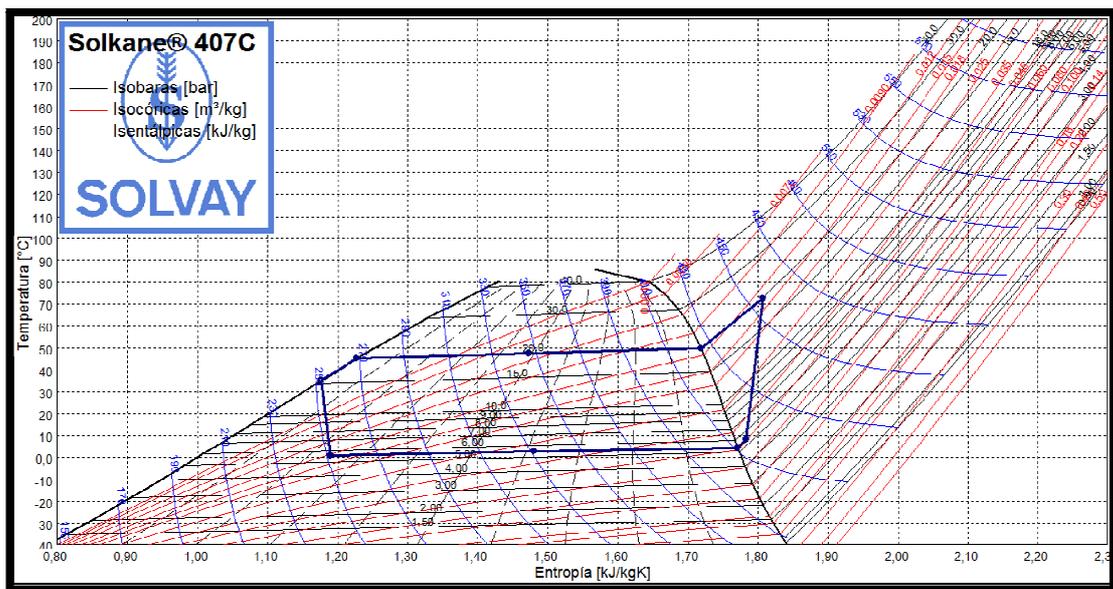


Figura 22. Diagrama Temperatura - Entropia del cycle de la bomba de calor utilitzada en la instal·lació. El diagrama s'ha obtingut amb el programa Solkane.

A través del programa Solkane també s'ha dissenyat el cycle del conjunt de les dues bombes de calor amb les condicions proposades per la instal·lació i obtingut el diagrama de Pressió (Figura 23) (bar) - Entalpia (kJ/kg) i temperatura (Figura 24) es pot veure el diagrama Temperatura (°C) - Entropia (kJ/kgK) corresponents.

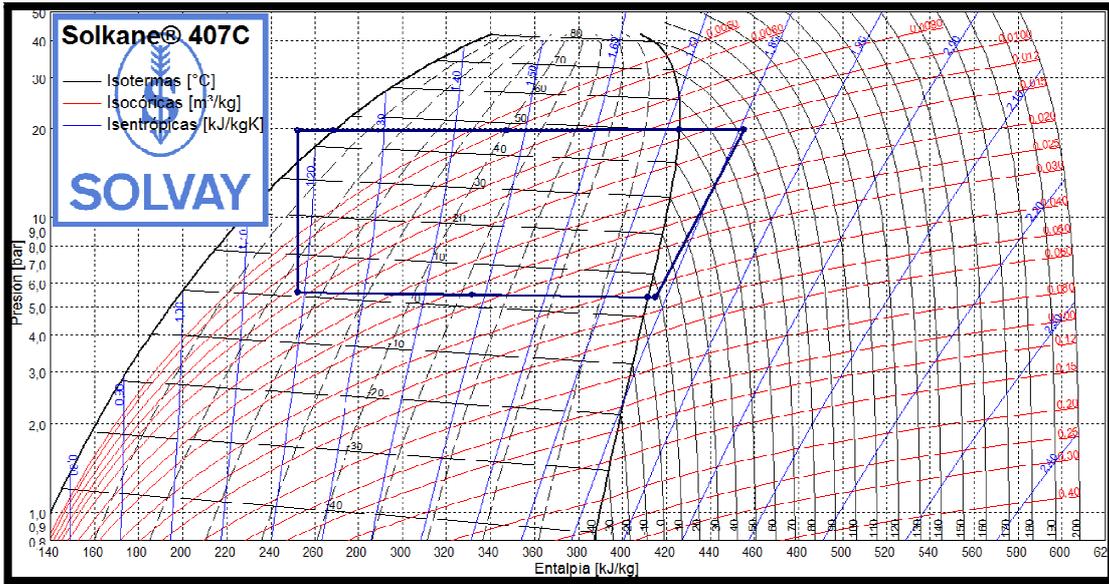


Figura 23. Diagrama Pressió - Entalpia del cicle del conjunt de les dues bombes de calor utilitzades en la instal·lació. El diagrama s'ha obtingut amb el programa Solkane.

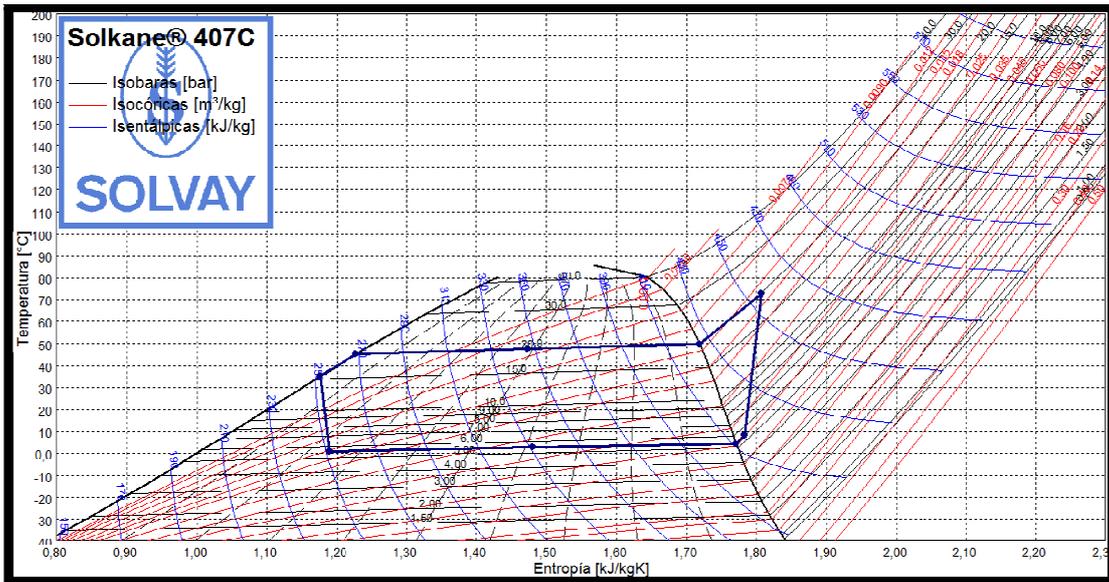


Figura 24. Diagrama Temperatura - Entropia del cicle del conjunt de les dues bombes de calor utilitzades en la instal·lació. El diagrama s'ha obtingut amb el programa Solkane.

El resum de les característiques tècniques de les bombes de calor que s'utilitzen en l'estudi es poden veure en les següents taules (Taula 39;Taula 40).

Taula 39. Resum de les característiques de les bombes de calor aigua-aigua de la instal·lació.

| Equips | Model | Tipus de refrigerant | Potència tèrmica de la bomba de calor (kW) | COP | Consum de potència (kW) |
|------------------|-----------------|----------------------|--|------|-------------------------|
| Bomba calor 1 de | Dimplex WI 90CG | R407C | 85 | 3,75 | 22,75 |
| Bomba calor 2 de | Dimplex WI 90CG | R407C | 85 | 3,75 | 22,75 |
| Total | - | R407C | 170 | 3,75 | 45 |

Taula 40. Resum de les característiques de les bombes de calor aigua-aigua de la instal·lació.

| Equips | Model | Cabal del corrent fred (l/h) | ΔT en el corrent fred | Pèrdua de pressió en l'evaporador (kPa) | Cabal del corrent calent | ΔT en el corrent calent | Pèrdua de pressió en el condensador (kPa) |
|------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|---------------------------------|---|
| Bomba de calor 1 | Dimplex WI 90CG | 20.817 | 3,5 | 20,5 | 7.398,5 | 10 | 11,75 |
| Bomba de calor 2 | Dimplex WI 90CG | 20.817 | 3,5 | 20,5 | 7.398,5 | 10 | 11,75 |
| Total | - | 41.634 | 3,5 | 20,5 | 14.797 | 10 | 11,75 |

Les dues bombes de calor aprofiten la calor recuperada de les ARU i eleven el seu potencial energètic per després poder utilitzar l'energia per cobrir les necessitats. Les dues bombes de calor consumeixen 45 kW i produeixen 170 kW d'energia (Figura 25).

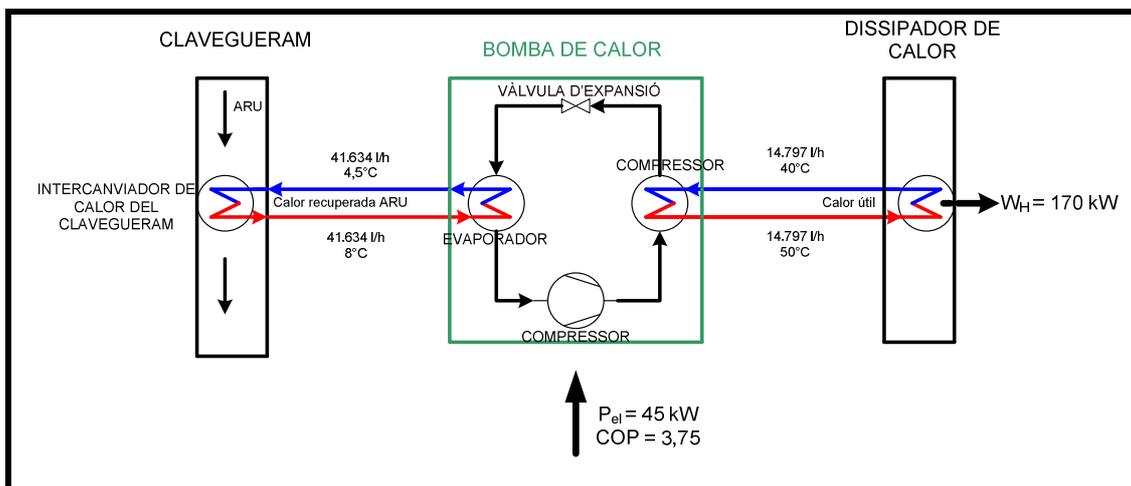


Figura 25. Esquema simplificat del funcionament de les bombes de calor.

5.2.2. Emplaçament de les bombes de calor a la sala de màquines

Seguint la normativa (apartat 4.2.1) les bombes de calor WI 90GC s'han situat a la punta S-E en el subterrani. La distància del conjunt de les dues bombes és 1 metre respecte a les paret situades a l'est i el sud.

5.3. Intercanviadors de calor

5.3.1. Recuperació de la calor amb els intercanviadors de calor del clavegueram

El sistema de recuperació de la calor de les aigües residuals urbanes (ARU) consta de tres elements principal (Figura 26):

- Intercanviador de calor
- Bomba de calor
- Conductes

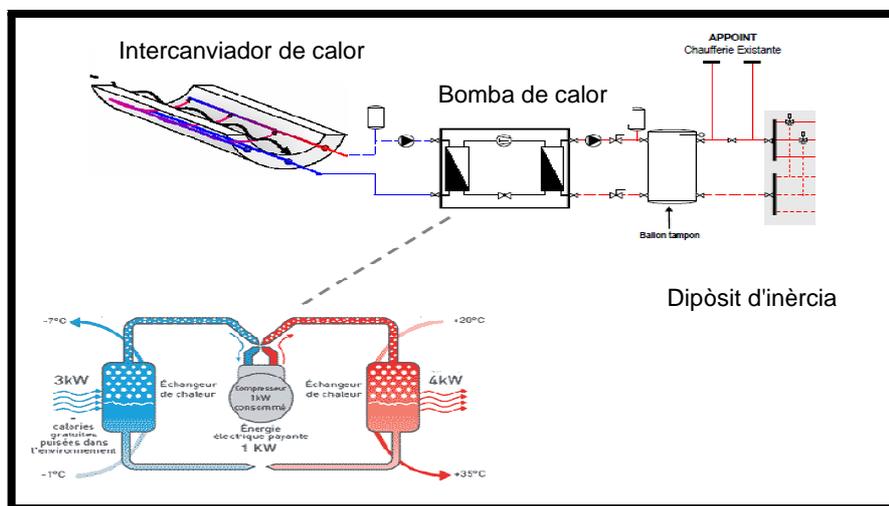


Figura 26. Esquema de la instal·lació de la recuperació de calor. El sistema de recuperació de calor està dotat d'un intercanviador de calor, una bomba de calor i de nombrosos conductes (Font: Géothermie sur les réseaux d'eaux usées Degrés blues).

El cicle de recuperació de les d'ARU i el sistema d'aprofitament per mitjà de la bomba de calor per la posterior obtenció d'aigua per la climatització de la instal·lació es representa a continuació(Figura 27).

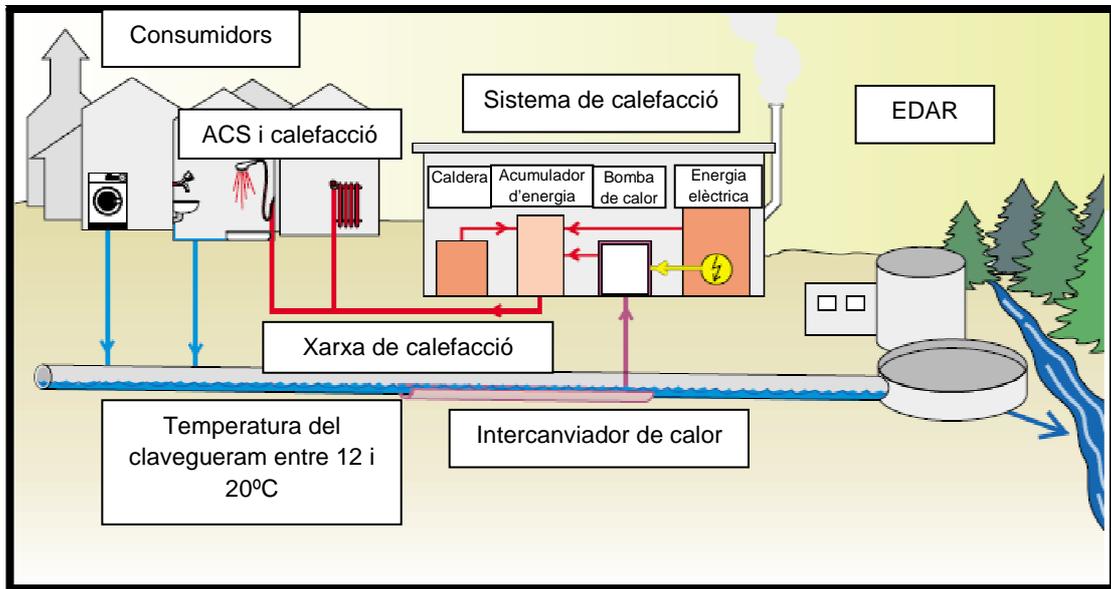


Figura 27. L'ús de l'energia procedent de les aigües residuals. (Heizen und Kühlen mit Abwasser Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, SuisseEnergie).

Font: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

Els paràmetres més rellevants de la instal·lació de recuperació d'aigua residual es resumeix en la següent taula (Taula 41).

Taula 41. Paràmetres de les instal·lacions de recuperació de la calor amb intercanviadors de calor.

| Abreviació | Significat | Unitat |
|------------|--|--------|
| W_A | Calor cedida de les ARU a l'intercanviador de calor | kW |
| P_{EL} | Potència de l'accionament elèctric (aquest valor només és per la bomba de calor) | kW |
| W_H | Utilitat o calefacció (aquest valor és la utilitat tèrmica) | kW |
| COP | Coefficient d'eficiència energètica | - |

El coeficient d'eficiència energètica (COP) de les bombes de calor de les instal·lacions amb recuperació de la calor de les ARU (Figura 28) es basa en el consum d'electricitat (P_{EL}), la calor cedida de les ARU a l'intercanviador de calor (W_A) i la utilitat tèrmica (W_H).

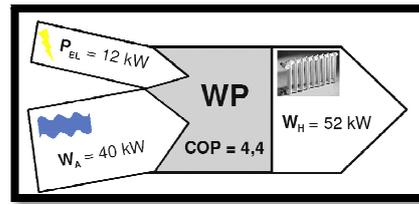


Figura 28. Determinació del COP.

Font: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

5.3.2. Components de les instal·lacions per l'ús de calor de les aigües residuals

5.3.2.1. Intercanviadors de calor

L'intercanviador de calor que serveix per recuperar l'energia de les aigües residuals del clavegueram està construït amb acer inoxidable, níquel i crom. Els intercanviadors es col·loquen generalment al fons del clavegueram, però també es pot instal·lar fora del clavegueram mitjançant una derivació (bypass). D'altra banda, s'estima que els intercanviadors de calor amb un bon manteniment (inspecció periòdica, neteja i manteniment) tenen una vida mitja de 30 a 50 anys.



Figura 29. Intercanviador de calor amb una superfície llisa per un clavegueram amb perfil circular. (Wärmegewinnung aus Abwasserkanälen, IKT – eigene Darstellung).

Font: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

Els intercanviadors situats al fons del clavegueram (Figura 29) es fixen a la paret del conducte mitjançant clavilles especials sense necessitat de trepar i sense causar danys al tub del clavegueram. En la part d'entrada i de sortida de l'intercanviador es col·loca una rampa d'acer d'inoxidable per evitar el desnivell. Un exemple d'intercanviador de calor és el de la marca Therm-Liner (Figura 30).



Figura 30. Intercanviador de calor Therm-liner (Aprovechamiento energético de las aguas residuales, Redsidual). Font: http://www.redsidual.com/pdf/Informe_Therm_Liner_Mayo_2010.pdf

Els intercanviadors externs (bypass) són apropiats per sistemes de clavegueram separats, en els que no estigui prevista una rehabilitació a curt termini i amb un diàmetre nominal (DN) inferior a 800 mm. Aquests clavegueram són apropiats perquè les aigües residuals circulen a una major temperatura que en el sistema mixt, lo que permet majors gradients de temperatura. Altres avantatges de l'intercanviador de calor extern amb bypass són els següents:

- Els seus mecanismes d'auto neteja eviten la formació de biopel·lícules orgàniques.
- Facilitat de control i regulació, mitjançant una carga homogènia, per lo que el comportament hidràulic roman inalterat.
- No es redueix l'àrea de flux, i per tant tampoc la capacitat de descarregar del clavegueram.
- Els components de la instal·lació no contenen substàncies contaminants.

El problema de l'intercanviador de calor extern amb bypass és que s'ha de instal·lar en un lloc tancat, amb molt espai i proper al canal. A més, les aigües residuals es condueixen mitjançant bombes fins l'intercanviador de calor, i per tant cal l'edificació addicional d'un pou. Tot plegat fa que els sistemes intercanviadors externs amb bypass només siguin viables econòmicament per grans caudals d'aigua, degut a que la instal·lació requereix de grans obres.

5.3.2.2. Bomba de calor

La bomba de calor és un component essencial de la instal·lació per la recuperació de la calor de l'ARU. És una màquina tèrmica que permet transferir energia en forma de calor d'un ambient a un altre, segons es requereixi. Per aconseguir aquesta acció cal

una aportació de treball d'acord amb la segona llei de la termodinàmica, segons la qual la calor es dirigeix de manera espontània d'un focus calent a un altre fred, i no al revés, fins que les seves temperatures s'igualen.

Pel funcionament dels compressors de bombes de calor s'utilitzen principalment motors elèctrics. Per les unitats més grans (> 100 kW) les bombes de calor poden ser propulsats per motors diesels.

Les característiques de les bombes de calor per compressió accionades elèctricament per l'aprofitament de la calor de les ARU són:

- Alta generació de la calor en l'entorn del 70 al 80%.
- Altes pèrdues tèrmiques de la paret.
- Emissió de sorolls i vibracions.
- Baixa temperatura de sortida en la instal·lació de calefacció (màxim fins a una temperatura de 55°C).
- La seva aplicació es convenient per grans caudals d'aigua.

Hi ha diferents possibilitats de disseny per la integració de les bombes de calor en el sistema de calefacció. Les bombes de calor poden produir aigua de calefacció fins a una temperatura de 60°C. A fi d'assolir temperatures superiors o per escalonar el rendiment, les bombes de calor s'associen sovint amb calderes de gas o d'acoblament de calor i d'electricitat.

Els sistemes de recuperació de la calor de les ARU poden tenir diversos tipus de funcionament:

- **Funcionament monoivalent:**

En aquest tipus de sistemes la calor és subministrada exclusivament per la bomba de calor. Per variar la sortida de calor s'utilitzen grups de 2 a 4 compressors o diverses bombes de calor connectades en paral·lel. Els sistemes monoivalents generalment tenen coeficients anuals de rendiment més baixos que altres sistemes i requereixen d'una major quantitat d'ARU (Figura 31).

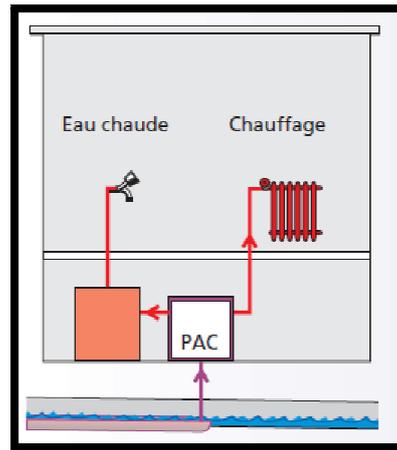


Figura 31. Producció d'energia monovalent. (Heizen und Kühlen mit Abwasser Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, SuisseEnergie)

Font:http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

- Funcionament bivalent

Per raons d'eficàcia i seguretat del subministrament, la majoria de les instal·lacions de recuperació de la calor amb la bomba de calor van associades a una caldera. Això assegura el subministrament d'energia en cas que la calor de la línia d'aigua no estigui disponible. Quan la instal·lació funciona normalment, la caldera es posa en funcionament quan la demanda és màxima. La combinació d'una caldera amb la bomba de calor simplifica el funcionament durant els pics de demana en la instal·lació. Amb aquest tipus instal·lació aconseguen una major eficiència de la bomba de calor i requereixen una inversió menor que les instal·lacions amb funcionament monovalent (Figura 32).

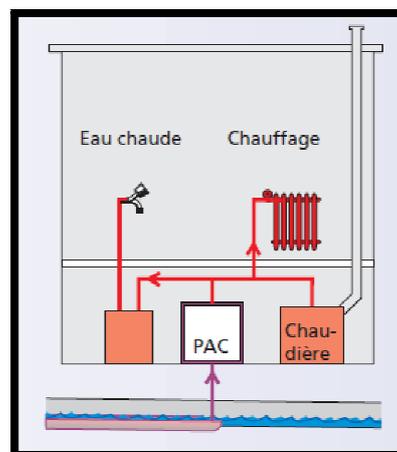


Figura 32. Producció d'energia bivalent. (Heizen und Kühlen mit Abwasser Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, SuisseEnergie)

Font:http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

- Funcionament multivalent

Un excel·lent disseny d'eficiència energètica, són les instal·lacions amb una combinació d'una bomba de calor i una producció combinada de calor i electricitat mitjançant un equip de cogeneració. Tenint en compte tot el procés de producció d'energia, aquesta solució és la font d'energia més econòmica. L'operatiu polivalent requereix d'una inversió major, però té diversos avantatges com la generació d'electricitat. També es pot recórrer a altres fonts de calor disponible, com ara les aigües subterrànies, plantes de refrigeració, processos industrials, el fum o les instal·lacions d'aire comprimit (Figura 33).

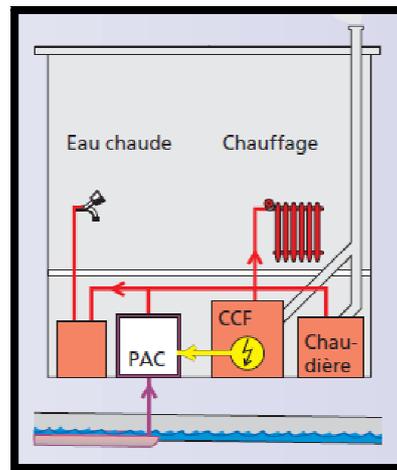


Figura 33. Producció d'energia multivalent. (Heizen und Kühlen mit Abwasser Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, SuisseEnergie)

Font: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

5.3.2.3. Línies de transports de calor

Els conductes connectats sota els intercanviadors transfereixen l'energia recuperada fins a una bomba de calor. Les parts de les línies de transport de calor s'han de dissenyar a través de les seccions del clavegueram de manera que no impedeixin el flux en la xarxa del clavegueram. Per tal de mantenir les pèrdues de pressió i de calor a un mínim, s'ha de dissenyar línies curtes. Amb ajuda del sistema de retorn invers (Figura 34) la pressió i les pèrdues de calor es redueixen al mínim durant la transmissió. Aquest sistema es basa en que cada partícula d'aigua té que recórrer la mateixa distància, no importa el camí. El recorregut dels tubs d'anada i tornada és similar. Aquest sistema també simplifica els càlculs i el reglatge.

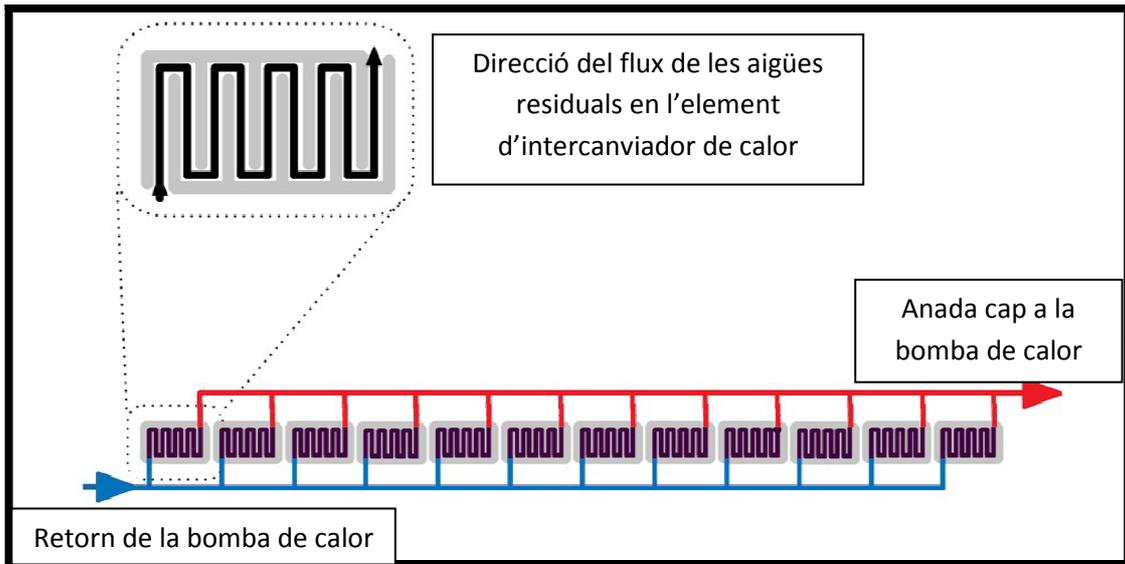


Figura 34. Representació esquemàtica del sistema de retorn invers. (Wärmegewinnung aus Abwasserkanälen, IKT – eigene Darstellung)

Font: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693

5.3.3. Elecció dels panells d'intercanviadors de calor

En aquest estudi s'han escollit els següents panells d'intercanviadors de calor de la marca **Rabtherm AG** que inclou a més els tubs. El diàmetre del clavegueram proposat és de 1.050 mm, el radi de superfície d'intercanvi de 350 mm i el diàmetre dels tubs de PVC per on circula l'aigua és de 7,5 cm (Figura 35).

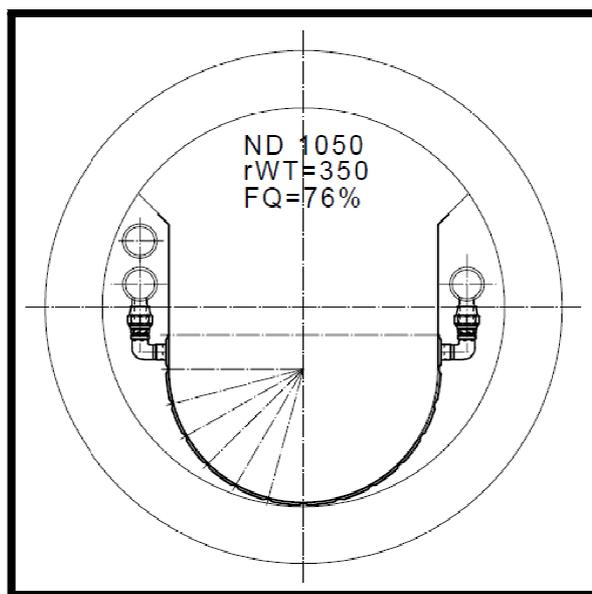


Figura 35. Secció de l'intercanviador de clavegueram.

La longitud total de l'intercanviador calculada (veure annex de càlculs) és de 50 m. Tenint en compte que la **longitud de l'intercanviador** ha de ser sempre múltiple de 3 (mida dels intercanviadors) en aquest estudi serà de **51 m**.

Les característiques de disseny de l'intercanviador de calor situat en el clavegueram són les següents(Taula 42):

Taula 42. Resum de les característiques de l'intercanviador del clavegueram.

| Característica | Unitats | Valors |
|--|---------|--------|
| Energia cedida per les ARU | kW | 125 |
| Cabal mitja d'ARU | l/s | 51,7 |
| Longitud de l'intercanviador | m | 51 |
| Temperatura de l'ARU a l'entrada | °C | 10 |
| Temperatura de l'ARU a la sortida | °C | 9,43 |
| ΔT_{ARU} | K | 0,57 |
| ΔT entre l'aigua residual i el medi circulant a l'intercanviador de calor | K | 3,75 |
| Coefficient de transferència de calor de l'intercanviador de calor amb incrustacions (k) | W/m²K | 0,52 |
| Àrea efectiva d'intercanvi | m² | 65 |

Les dues bombes de calor aprofiten la calor recuperada de les ARU i eleven el seu potencial energètic per després poder utilitzar l'energia per cobrir les necessitats. Les dues bombes de calor consumeixen 45 kW i produeixen 170 kW d'energia. L'energia que cedeixen les ARU és de 125 kW i es produeix una disminució de la temperatura de l'ARU de 0,57 K (Figura 36).

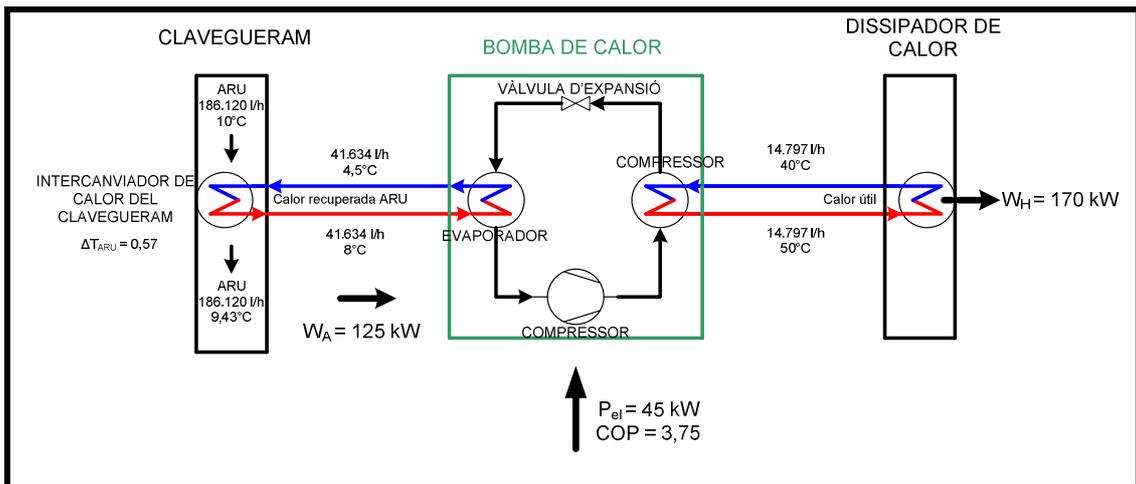


Figura 36. Esquema simplificat del funcionament de les bombes de calor.

5.3.4. Manteniment de l'intercanviador de calor

Un dels problemes associats al manteniment dels intercanviadors és l'acumulació de partícules de les ARU en la superfície d'intercanvi de calor. És necessari el manteniment periòdic dels intercanviadors per eliminar aquesta brutícia (cada 3 mesos o mínim un cop l'any). El mètode utilitzat per netejar és el rentat amb aigua a pressió.

5.4. Unitat de condicionament de l'aire de la sala de la piscina

La unitat de condicionament de l'aire de la piscina i l'aigua amb recuperació de calor de la instal·lació té les següents funcions: 1) deshumidificar l'aire de la sala de la piscina, 2) escalfar l'aire introduït i de recirculació, 3) escalfar l'aigua del vas de la piscina i 4) la introducció i l'extracció de l'aire de l'exterior. A continuació es descriu la funció de la unitat de condicionament de l'aire per cada una de les necessitats que cobreix:

- **Necessitats per cobrir les necessitats de l'aire de l'interior de la piscina:** en aquest cas la unitat de condicionament cobreix part de les necessitats calorífiques de l'aire de la piscina, cobreix tota la ventilació obligatòria i el control de la humitat (eliminar l'aigua sobrant que conté l'aire de recirculació).
- **Necessitats per la cobrir les necessitats del vas de la piscina:** en aquest cas la unitat de condicionament cobreix una petita part de les necessitats del vas de la piscina en cas que sigui necessari.

El funcionament de la unitat de condicionament amb recuperació de calor es basa en la recirculació de l'aire que s'aspira de l'interior de la piscina cap a la unitat de condicionament. Aquest aire entra a la unitat i es fa passar per l'evaporador. Una vegada a l'evaporador es refreda l'aire per sota el punt de rosada provocant la condensació de bona part de l'aigua continguda en l'aire. Això provoca una cessió de calor sensible i latent que és absorbida pel refrigerant del circuit frigorífic de la unitat de condicionament. Aquesta calor s'allibera al mateix corrent d'aire circulant a través dels dos condensadors que es troben en el circuit de fred i que serveixen per escalfar l'aire i l'aigua respectivament. Mitjançant una bateria addicional que s'alimenta amb aigua calenta escalfada per un generador de calor (caldera de biomassa) es pot acabar de

cobrir les necessitats energètiques per escalfar l'aire de la sala de la piscina (Figura 37).

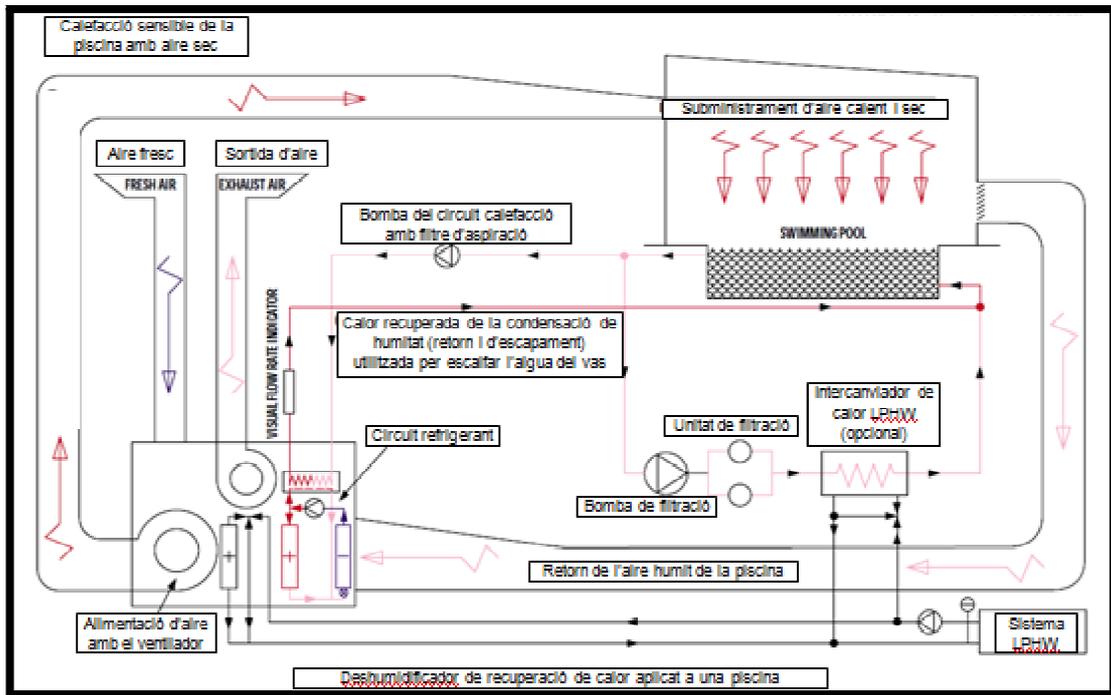


Figura 37. Funcionament de la unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació de la calor. Font: http://www.calorex.com/pool-heating/documents/HRD_En2.pdf

5.4.1. Elecció de la unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació de la calor

En l'estudi, s'ha escollit una unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació de calor, capaç de recuperar la calor latent de l'aigua continguda en l'aire ambient de l'interior de la sala de la piscina. Tenint en compte que aquest vapor representa una pèrdua de calor de l'aigua de la piscina, la seva condensació implica un aprofitament prèviament inexistent. Aquesta recuperació de la calor és la que s'utilitza per compensar les pèrdues de calor sensible de l'aire i per escalfar el vas de la piscina.

De manera continuada en una piscina coberta es produeix una evaporació de l'aigua del vas. L'evaporació provoca que la humitat relativa de l'aire interior de la piscina augmenti. Per mantenir la humitat relativa al voltant dels límits i garantir les condicions de confort s'ha d'eliminar l'aigua sobrant que està continguda en l'aire.

La unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació de la calor ha de cobrir una sèrie de requisits:

- Cabal d'aire exterior mínim: 7.087,5 m³/h
- Quantitat màxima d'aigua a l'eliminar de l'aire: 49,1 kg/h
- Cabal de recirculació de l'aire (3 vegades el volum de la sala): 23.625 m³/h
- La demanda de calefacció per la sala de la piscina: 102,5 kW

A partir d'aquestes dades s'ha seleccionat la unitat de condicionament. La unitat seleccionada és la de la marca **Calorex model HRD 25** (Taula 43). L'equip Calorex model HRD 25 té dues configuracions. La configuració triada per l'estudi envia de manera esbiaixada la calor recuperada a l'aire de la piscina.

Taula 43. Característiques de l'equip Calorex model HRD 25.

| Característica | Unitat | Valor |
|---|-------------------|--------|
| Capacitat deshumificar (l'aire exterior a 29°C DB/20°C WB) | | |
| Per refrigeració | l/HR | 68 |
| Total | l/HR | 152 |
| Sortida de calor a l'aigua a 26°C | kW | 18 |
| Sortida de calor d'aire a 28°C 60% HR | kW | 72 |
| Sortida de calor addicional aire a 28°C 60 HR per LPHW de la bateria (aigua d'alimentació a 80°C) | kW | 0-150 |
| Aire de refrigeració sensible (Als 29°C 'Air-On' 60% RH) | kW | -30 |
| Cabal de recirculació d'aire | m ³ /h | 25.000 |
| Màxima pressió total externa | Pa | 300 |
| Cabal d'aire fresc introduït | m ³ /h | 13.500 |
| Màxima pressió total externa | Pa | 100 |
| Potència nominal instal·lada | kW | 31 |
| Pes | kg | 2.950 |

5.4.2. Emplaçament de la unitat de condicionament de l'aire i l'aigua de la sala piscina amb recuperació de calor a la sala de màquines

La unitat de condicionament està ubicada a la sala de màquines, a la punta S-O, sota la planta de la piscina i la resta de sales annexes. La distància de la unitat és 1 metre respecte la façana S i 3 metres respecte la façana O.

5.4.3. Conductes d'aire de la instal·lació

El sistema de climatització de l'aire interior de la sala de la piscina empra 4 sistemes de conductes: un d'impulsió, un de retorn, un aspiració de l'aire exterior i un d'extracció de l'aire interior cap a l'exterior.

La unitat de condicionament de l'aire de la piscina amb recuperació de calor es troba situada sota el paviment en la sala de màquines. El conducte d'impulsió puja des de l'equip de condicionament fins a una altura de 8,5 metres respecte a la superfície del paviment de la sala de la piscina. El conducte d'impulsió es troben a la façana N i O de l'edifici. En la façana S de la sala de piscina es troba el conducte de retorn.

Pel dimensionament dels conductes d'aire s'utilitza el mètode de pèrdua de càrrega constant. Aquest mètode consisteix en no variar substancialment la pèrdua de càrrega per unitat de longitud al llarg de tot el conductes. En l'annex de càlculs es troba la metodologia que s'ha seguit per dimensionar els conductes.

S'ha escollit una velocitat pel conducte d'impulsió de **7 m/s** i pel conducte de retorn de **5 m/s**. La velocitat en el conducte d'extracció i d'introducció de l'aire de l'exterior és de **5 m/s**. El material dels conductes és d'acer inoxidable **AISI 316**. El gruix del conducte serà de 0,8 mm i la rugositat interior absoluta és de 0,09 mm.

La distribució dels conductes d'aire plantejada per la instal·lació es presenta esquemàticament a continuació (Figura 38).

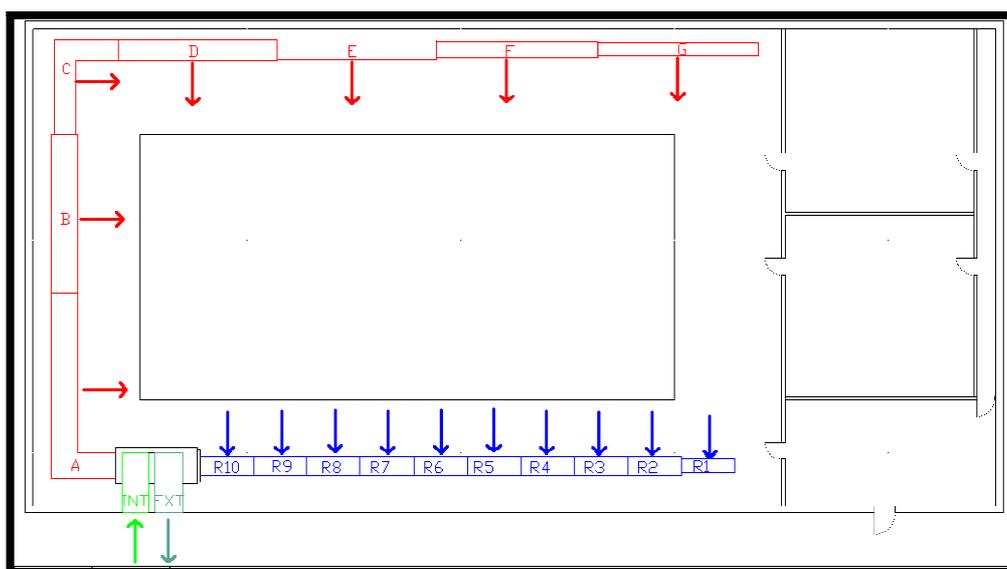


Figura 38. Esquema en planta del sistema de conductes d'aire per la climatització de la sala de la piscina.

- Conducte d'impulsió de l'aire cap a la sala de la piscina

El conducte d'impulsió s'utilitza per enviar l'aire sec i calent cap a la sala de la piscina. És un conducte circular dividit en 7 trams. Per cada tram hi ha **30 difusors** del model **TAD-100** de la marca **Salvador Escoda** disposats en 6 grups de 5 difusors. Els difusor són els encarregats extreure el cabal d'aire del conducte d'impulsió cap a l'interior de la sala. En la següent taula s'observa el resum de les característiques del conducte d'impulsió d'aire de la instal·lació (Taula 44):

Taula 44. Característiques del conducte d'impulsió. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aire que passa pel tram del conducte, expressat en m³/h), Longitud del conducte (m), ΔP (pèrdua de càrrega per metre de conducte, expressada en mmca/m de longitud), V (velocitat de l'aire, expressada en m/s) i el diàmetre circular del conducte (mm).

| Tram de conducte | Q (m ³ /h) | Longitud del conducte (m) | ΔP (mmca/m de longitud) | V (m/s) | Diàmetre circular del conducte (mm) |
|------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---------|-------------------------------------|
| A | 25.000 | 19,5 | 0,32 | 6,5 | 1.200 |
| B | 21.429 | 7,5 | 0,023 | 5,5 | 1.200 |
| C | 17.857 | 7,5 | 0,034 | 6 | 1.000 |
| D | 14.286 | 7,5 | 0,024 | 4,9 | 1.000 |
| E | 10.714 | 7,5 | 0,023 | 4,5 | 900 |
| F | 7.143 | 7,5 | 0,036 | 4,9 | 700 |
| G | 3.571 | 7,5 | 0,024 | 3,5 | 600 |

- Conducte de retorn de l'aire cap a la unitat de condicionament de l'aire

Els conductes de retorn s'utilitzen per retornar l'aire humit de l'interior de la sala de la piscina cap a l'equip que realitza el condicionament de l'aire de la piscina. L'aire s'introdueix en el conducte de retorn mitjançant un grup de reixes. La utilització de reixes farà que els conductes adoptin una forma rectangular de secció. En la següent taula (Taula 45) es pot observar les característiques de cada tram de conducte.

Taula 45. Característiques del conducte de retorn. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aire que passa pel tram del conducte, expressat en m³/h), Longitud del conducte (m), ΔP (pèrdua de càrrega per metre de conducte, expressada en mmca/m de longitud), V (velocitat de l'aire, expressada en m/s), base del conducte (mm) i altura del conducte (mm).

| Tram de cond. | Q (m ³ /h) | Longitud del conducte (m) | ΔP (mmca/m de longitud) | V (m/s) | Base (mm) | Altura (mm) |
|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---------|-----------|-------------|
| R1 | 2.500 | 2,5 | 0,07 | 5 | 600 | 250 |
| R2 | 5.000 | 2,5 | 0,12 | 6,2 | 900 | 300 |
| R3 | 7.500 | 2,5 | 0,07 | 6,5 | 900 | 400 |
| R4 | 10.000 | 2,5 | 0,07 | 7 | 900 | 500 |
| R5 | 12.500 | 2,5 | 0,075 | 7,6 | 900 | 550 |
| R6 | 15.000 | 2,5 | 0,08 | 7,8 | 900 | 600 |
| R7 | 17.500 | 2,5 | 0,06 | 7,5 | 900 | 750 |
| R8 | 20.000 | 2,5 | 0,068 | 8,1 | 900 | 800 |
| R9 | 22.500 | 2,5 | 0,072 | 8,6 | 900 | 850 |
| R10 | 25.000 | 2,5 | 0,07 | 8,8 | 900 | 900 |

Els reixes de retorn és per on entra l'aire que retorna cap a la unitat de condicionament. En cada tram de conducte hi ha una reixa, les reixes triades són les reixes model **DMT** de la marca **Madel**. Les característiques d'aquestes reixes es poden veure en la següent taula (Taula 47):

Taula 46. Característiques de les reixes. En la taula es reflecteixen els valors del nombre de reixes, ΔP (pèrdua de càrrega de les reixes, expressades en mmca), nivell sonor (dBA) i les dimensions de la reixa en (mm).

| Element | Nombre de reixes | ΔP (mmca) | Nivell sonor (dBA) | Dimensions reixa (mm x mm) |
|---------|------------------|-----------|--------------------|----------------------------|
| Reixes | 10 | 1,5 | 35 | 250x1.000 |

- Conducte d'introducció i d'extracció d'aire de l'exterior

Els conductes d'extracció i introducció d'aire són dos conductes separats, un canalitza l'aire des de l'exterior fins a la unitat de condicionament i l'altre des de la unitat de condicionament fins l'exterior. Tots dos conductes són rectangulars. El cabal d'aire d'introducció és 10% menor, a causa de la depressió que es vol tenir a dins de la sala de la piscina. Els resultats dels conductes d'introducció i d'extracció de l'aire de l'exterior es resumeixen a continuació (Taula 47).

Taula 47. Característiques dels conductes d'introducció i d'extracció d'aire de l'exterior. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aire que passa pel tram del conducte, expressat en m³/h), Longitud del conducte (m), ΔP (pèrdua de càrrega per metre de conducte, expressada en mmca/m de longitud), V (velocitat de l'aire, expressada en m/s), base del conducte (mm) i altura del conducte (mm).

| Conducte | Q (m ³ /h) | Longitud del conducte (m) | ΔP (mmca/m de longitud) | V (m/s) | Base (mm) | Altura (mm) |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---------|-----------|-------------|
| Introducció d'aire de l'exterior | 16.200 | 3 | 0,021 | 5 | 1.200 | 800 |
| Extracció d'aire a l'exterior | 18.000 | 3 | 0,02 | 5 | 1.300 | 800 |

Són necessàries dues reixes, una per cada conducte. Les reixes pels conductes d'introducció i d'extracció de l'aire de l'exterior han de ser més resistents ja que han de suportar les condicions de l'exterior. Les reixes escollides són les de la marca **Madel** model **DXT-A** (Taula 48).

Taula 48. Dimensionament de les reixes exteriors. En la taula es reflecteixen els valors del cabal d'aire (m³/h), dimensions de la reixa (mm), ΔP (pèrdua de càrrega de les reixes, expressades en mmca), nivell sonor (dBA) i el nombre de flames.

| Element | Cabal d'aire (m ³ /h) | Dimensions reixa (mm) | ΔP (mmca) | Nivell sonor (dBA) | Nombre de flames |
|----------------|----------------------------------|-----------------------|-----------|--------------------|------------------|
| R. Introducció | 16.200 | 1.000x2.000 | 3,5 | 50 | 20 |
| R. Exterior | 18.000 | 1.000x2.000 | 3,5 | 50 | 20 |

5.5. Fan-coils

Per cobrir les necessitats tèrmiques de les sales annexes a la piscina s'utilitzen fan-coils. El fan-coil és una unitat terminal pel tractament de l'aire ambient tant a l'estiu (alimentació de la bateria amb aigua freda) com també a hivern (alimentació de la bateria amb aigua calenta). En aquest estudi només s'utilitzarà durant hivern per escalfar i ventilar les sales annexes de la sala de la piscina. S'ha calculat la necessitat calorífica màxima per cada una de les sales annexes i s'ha resumit en la següent taula (Taula 49):

Taula 49. Necessitats calorífiques (kW) de les sales annexes.

| Necessitat calorífica | kW |
|-----------------------|-------------|
| Vestidor 1 | 9,4 |
| Vestidor 2 | 8,9 |
| Vestíbul i passadís | 11,9 |
| Total | 30,2 |

Per cada una de les sales annexes s'utilitza un fan-coil. Per tant s'han dissenyat tres fan-coil un per cobrir cada una de les tres sales.

Els fan-coils fan la funció d'escalfar l'aire de barreja (aire exterior + aire de recirculació), introduir-lo a la sala i després extreure el cabal de ventilació. El fet d'introduir aire dins la sala provoca una sobrepressió dins ella, fet que és convenient perquè així s'evita que entri aire de l'exterior que estarà més fred i a més facilita l'extracció dels contaminants de l'aire. Els fan-coils poden escalfar l'aire perquè tenen una bateria alimentada amb aigua calenta. Els fan-coils s'han dissenyat perquè en condicions normals estiguin alimentats amb aigua calenta a 50°C provinent de la bomba de calor, però en cas que per algun motiu no pugui funcionar la bomba de calor es poden alimentar amb aigua provinent de la caldera de biomassa.

5.5.1. Elecció dels fan-coils per les sales annexes

Els tres fan-coils escollits en aquest estudi per cobrir les necessitats tèrmiques de les sales annexes (vestuari 1, vestuari 2 i passadís) són del model **VM-F 120** (aspiració frontal) amb bateria suplementària **1R (BS-F4)** de la marca **Ferrolí**.

Les necessitats calorífiques de les tres sales annexes a la sala de la piscina cobertes pel equip fan-coils són (Taula 50):

Taula 50. Fan-coils segons les sales annexes.

| Necessitat | Model | Ús | Potència tèrmica (kW) | Pèrdua de carrega (kPa) | Caudal d'aigua (l/h) |
|--------------|--|--------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Vestidor 1 | Ferrolí VM-F mod. 120 amb bateria 1R (BS-F4) | Calor | 12,1 | 8,5 | 1.051 |
| Vestidor 2 | Ferrolí VM-F mod. 120 amb bateria 1R (BS-F4) | Calor | 12,1 | 8,5 | 1.051 |
| Passadís | Ferrolí VM-F mod. 120 amb bateria 1R (BS-F4) | Calor | 11,9 | 8,3 | 1.035 |
| Total | - | Calor | 36,1 | 8,5 | 3.137 |

6. CIRCUITS HIDRÀULICS DE LA INSTAL·LACIÓ

6.1. Introducció

El fluid més emprat per la transmissió d'energia, des dels generadors de calor fins a unitats terminals, és l'aigua ja que:

- És un fluid molt comú
- És econòmica
- Té una elevada calor específic

Aquest factors són els que han fet que per aquest estudi s'hagi triat l'aigua com a mitjà de transport de l'energia.

6.2. Normativa sobre els circuits hidràulics

El dimensionament de la xarxa de canonades es necessari perquè circuli el cabal necessari amb una velocitat adequada i sense que es pugui produir una pèrdua de pressió superior a la fixada per la normativa.

La normativa del "Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis" (RITE) sobre la pèrdua de càrrega en trams rectes és de 40 mmca./m.l.

En l'estudi s'ha fixat una pèrdua de càrrega de 20 mmca./m.l. per la majoria de circuits, no obstant en alguns casos s'han permès pèrdues de càrrega diferents (sempre menor de 40 mm.c.a/m.l.) perquè sinó la velocitat no era adequada o no coincidia amb el diàmetre de canonada comercialitzada.

Si la velocitat del cabal d'aigua és superior a 2 m/s es produeixen sorolls per la vibració de les canonades i a partir de 1,3 m/s s'erosionen considerablement les canonades i poden aparèixer cavitacions a les corbes. Segons el tipus de canonada s'estableixen unes velocitats recomanades (Taula 51)

Taula 51. Velocitats (m/s) recomanades segons el tipus de canonades.

| Tipus de canonades | Velocitats recomanades (m/s) |
|-----------------------|------------------------------|
| Canonades principals | 0,9-1,3 |
| Canonades secundaries | 0,5-0,9 |
| Canonades aparells | 0,2-0,5 |

La normativa RITE IT 1.3.4.2.3 també estableix que alhora de dissenyar els circuits s'ha de dissenyar una canonada per buidar parcialment o totalment els circuits, aquestes canonades s'han de preveure en el punt més baix del circuit hidràulic. El diàmetre mínim de les canonades segons la potència dels generadors de calor és fixada pel RITE (Taula 52).

Taula 52. Diàmetre mínim (mm) de les canonades de buidat segons la potència del generador de calor (kW).

| Potència del generador de calor (kW) | Diàmetre mínim (mm) |
|--------------------------------------|---------------------|
| P<50 | 20 |
| 50<P<150 | 25 |
| 150<P<500 | 32 |
| 500<P | 40 |

La normativa referent a l'aïllament de les canonades estableix que aquestes s'han aïllar per no permetre que l'energia que transporten es perdi abans d'arribar el seu destí. La normativa que fa referència a l'aïllament de les canonades és la RITE IT1.2.4.2.1.1. Aquesta normativa estableix que s'han aïllar totes les canonades que tinguin una temperatura menor que la temperatura ambient del local pel que circulen o una temperatura major a 40°C (313 K). En apartat 8 de la IT 1.2.4.2.1.2, s'estableix els espessors mínims d'aïllament tèrmic, expressats en mm (Taula 53), així com que si funcionen tot l'any (com en les xarxes proposades en aquest estudi) s'ha d'augmentar 5 mm aquest espessor. En funció del diàmetre exterior de la canonada sense aïllar, de la temperatura del fluid de la xarxa i de la conductivitat tèrmica de referència del material ($\lambda_{\text{ref}}=0,04 \text{ W/mK}$ a 10°C) es determina l'espessor que ha de tenir l'aïllant (Taula 53).

Taula 53. Espessor mínims d'aïllaments (mm) de canonada i accessoris que transporten fluids calents.

| Diàmetre exterior de la canonada | Temperatura màxima del fluid (°C) | |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------|
| | 40-60 | 60-100 |
| D≤35 | 25 | 25 |
| 35<D≤60 | 30 | 30 |
| 60<D≤90 | 30 | 30 |
| 90<D≤140 | 30 | 40 |
| 140<D | 35 | 40 |

L'aïllant que s'utilitza per les canonades de l'estudi és el model **SH** de la marca **Armaflex**. El coeficient de conductivitat tèrmica d'aquest aïllant a 20°C és de 0,037 W/mK. L'Empresa Armaflex proporciona als seus clients una taula per trobar l'equivalència entre l'espessor del seu model SH i el proporcionat pel RITE (Taula 54),.

Taula 54. Equivalència d'espessor (mm) entre el RITE i el model d'aïllant SH de la marca Armaflex segons la temperatura del fluid (°C).

| Diàmetre exterior de la canonada (mm) | Temperatura màxima del fluid (°C) | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------|-------|--------|
| | RITE | | SH | |
| | 40-60 | 60-100 | 40-60 | 60-100 |
| 12 | 30 | 25 | 25 | 25 |
| 15 | 30 | 25 | 25 | 25 |
| 18 | 30 | 25 | 25 | 25 |
| 22 | 30 | 25 | 25 | 25 |
| 35 | 30 | 25 | 25 | 25 |
| 42 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| 48 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| 54 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| 60 | 35 | 30 | 30 | 30 |
| 76 | 35 | 30 | 30 | 30 |

6.3. Material de les canonades

En l'estudi es proposen unes canonades de coure soldades amb acetil·lè i oxigen per evitar problemes de fundació. A més, el coure té una sèrie d'avantatges: un coeficient baix de dilatació, és fàcil de treballar, econòmic i es comercialitzen una gran varietat de figures i d'accessoris. Ara bé, també cal destacar alguns dels seus desavantatges: una

transmissió tèrmica elevada, cal l'aplicació d'unions per soldadura emprant aliatges, és incompatible amb altres canonades metàl·liques i pateix corrosió galvànica.

L'única canonada de l'estudi que no ha estat plantejada amb coure és la del circuit primari entre l'intercanviador de calor del clavegueram i la bomba de calor. En aquest cas s'ha optat per una canonada de PVC que ja bé incorporada en els panells d'intercanvi fabricats per la marca **Rabtherm AG**.

6.4. Dimensionament dels circuits hidràulics de la instal·lació

Els càlculs pel dimensionament de tots els circuits hidràulics de la instal·lació es poden veure en l'annex de càlcul del present estudi. A continuació es descriuran cadascun d'ells.

6.4.1. Circuit hidràulic de la caldera de biomassa

El circuit hidràulic de la caldera de pèl·lets es divideix en dos circuits: 1) un circuit d'impulsió (Figura 39) i 2) un altre circuit de retorn de l'aigua calenta. En cadascun d'aquests dos circuits (Taula 55) hi ha un col·lector amb quatre subcircuits:

- Fan-coils de la sales annexes a la sala de la piscina.
- Aigua calenta sanitària (ACS)
- Vas de la piscina
- Bateria de suport de la unitat de condicionament de la sala de la piscina.

Taula 55. Resultats del circuit hidràulic primari de la caldera de biomassa. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h , Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Conducte | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|--|---------|-------------------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| Col·lector de caldera - Fan-coil 1 | 526 | 22x1 | 0,54 | 11,9 | 20 | 25 |
| Col·lector de caldera - Fan-coil 2 | 526 | 22x1 | 0,54 | 11,9 | 20 | 25 |
| Col·lector de caldera - Fan-coil 3 | 518 | 22x1 | 0,53 | 11,7 | 20 | 25 |
| Col·lector de caldera - Conjunt Fan-coil | 1.570 | 32x1,5 | 0,72 | 36,1 | 20 | 25 |
| Col·lector de caldera - Besc. del vas | 4.063 | 42x1 | 0,87 | 64 | 25 | 25 |
| Col·lector de caldera - Besc. ACS | 2.826 | 35x1 | 0,8 | 92 | 25 | 30 |
| Col·lector de caldera - Bescanviador bateria adicional | 4.526 | 42x1 | 0,9 | 102,5 | 25 | 30 |
| Caldera de biomassa - Col·lector | 12.985 | 64x1,5 | 1,45 | 294,6 | 32 | 30 |

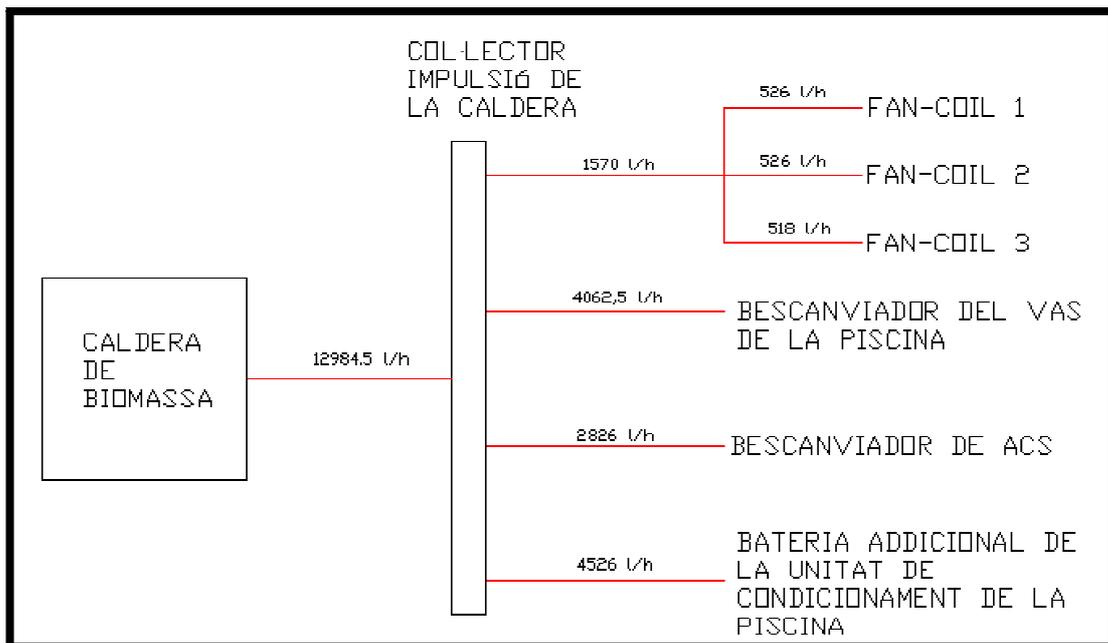


Figura 39. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit primari de la caldera de biomassa.

6.4.2. Circuit hidràulic de la bomba de calor

El circuit hidràulic de la bomba de calor es divideix també amb un circuit d'impulsió (Figura 40) i un de retorn de l'aigua calenta, amb els seus corresponents col·lectors i tres subcircuitos (Taula 56):

- Fan-coils de la sales annexes a la sala de la piscina.
- ACS
- Vas de la piscina

Taula 56. Resultats del circuit hidràulic de la bomba de calor. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h , Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Conducte | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|---|---------|--|---------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| Col·lector de BdC - Fan-coil 1 | 1.051 | 28x1 | 0,66 | 11,9 | 20 | 25 |
| Col·lector de BdC - Fan-coil 2 | 1.051 | 28x1 | 0,66 | 11,9 | 20 | 25 |
| Col·lector de BdC - Fan-coil 3 | 1.035 | 28x1 | 0,66 | 11,7 | 20 | 25 |
| Col·lector de BdC - Conjunt Fan-coil | 3.137 | 35x1 | 0,9 | 36,1 | 20 | 25 |
| Col·lector de BdC - Besc. del vas | 6.091 | 54x1,2 | 1 | 64 | 25 | 30 |
| Col·lector de BdC - Besc. ACS | 5.569 | 54x1,2 | 0,97 | 70 | 25 | 30 |
| BdC - Col·lector | 7.399 | 54x1,2 | 0,9 | 85 | 25 | 30 |

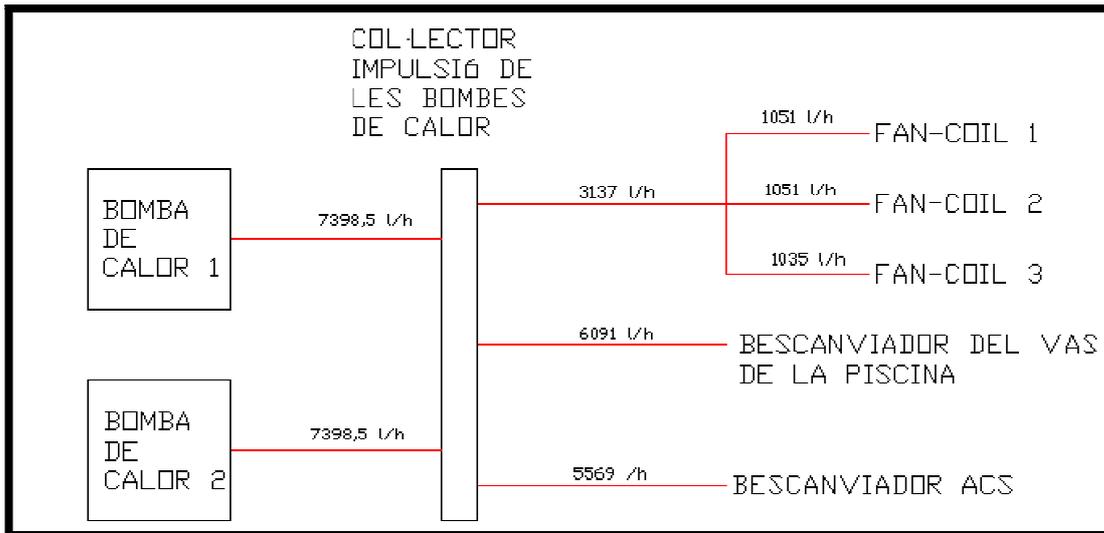


Figura 40. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit primari de la bomba de calor.

6.4.3. Circuits hidràulics secundaris per escalfar l'aigua del vas

Hi ha tres circuits secundaris per escalfar l'aigua de xarxa fins a 25°C i mantenir-la aquesta temperatura en el vas. S'han definit les característiques del circuit hidràulic (Taula 57) i dimensionat els circuits per poder cobrir les necessitats del vas de la piscina en règim transitori:

- Provenent del bescanviador de la bomba de calor.
- Provenent del bescanviador de la caldera de biomassa.
- Provenent del bescanviador de la unitat de condicionament.

Els cabals de la línia conjunta s'ha dissenyat per transportar la suma dels caudals dels circuits del bescanviador de la bomba de calor i de la caldera de biomassa, suficient per cobrir les necessitats en règim transitori (Figura 41).

Taula 57. Resultats dels circuits hidràulics per cobrir les necessitats del vas de la piscina. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h , Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Conducte | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|------------------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| Besc. (BdC) - Vas | 2.510 | 35x1,5 | 0,75 | 70 | 25 | 25 |
| Besc. (Caldera de biomassa) - Vas | 3.299 | 42x1 | 0,88 | 92 | 25 | 30 |
| Besc. (U. de condicionament) - Vas | 1.549 | 28x1 | 0,7 | 18 | 20 | 25 |
| Conjunt - Vas | 5.809 | 54x1,2 | 1 | 162 | 32 | 32 |

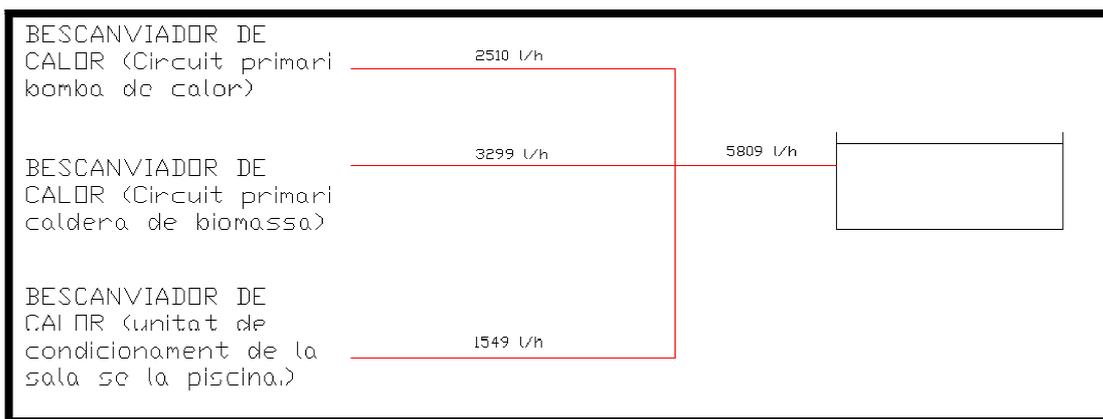


Figura 41. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit secundari per cobrir les necessitats del vas de la piscina.

6.4.4. Circuits hidràulics secundaris per escalfar l'aigua del per la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

El projecte inclou també dos circuits per escalfar l'aigua de xarxa per la producció d'ACS.

Els dos circuits secundaris que serveixen per cobrir les necessitats per la producció d'ACS són els següents:

- Provenent del béscanviador de la bomba de calor.
- Provenent del béscanviador de la caldera de pèl·lets.

El circuit hidràulic secundari que prové del béscanviador de la bomba de calor serveix per escalfar l'aigua en el dipòsit d'acumulació d'ACS 1, mentre que el circuit hidràulic secundari provenent del béscanviador de la caldera de pèl·lets serveix per produir l'ACS del dipòsit d'acumulació d'ACS 2 (Figura 42). Les característiques del circuit hidràulic es mostren a continuació (Taula 58):

Taula 58. Resultats dels circuits hidràulics per cobrir les necessitats per la producció d'ACS. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h , Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Circuit | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| Besc. (BdC) - D.ACS 1 | 1.577,1 | 28x1 | 0,73 | 64 | 25 | 25 |
| Besc. (Cal.) - D.ACS 2 | 1.007,6 | 28x1 | 0,58 | 64 | 25 | 25 |

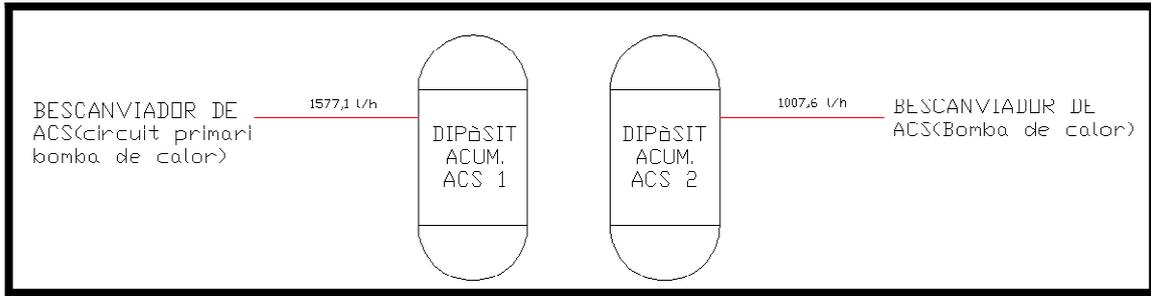


Figura 42. Cabals dels conductes d'aigua impulsió del circuit secundari per cobrir les necessitats de la producció d'ACS.

6.4.5. Circuits hidràulics per la distribució de l'aigua calenta sanitària (ACS)

El circuit de distribució de l'ACS és l'encarregat de portar l'ACS des dels dipòsits fins als vestidors on s'utilitza (Taula 59).

Taula 59. Resum dels valors del circuit hidràulic de distribució d'ACS. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h), Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Circuit | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|-------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| Distribució d'ACS | 2.000 | 35x1 | 0,69 | 64 | 25 | 25 |

6.4.6. Circuit primari de l'intercanviador del clavegueram

Hi ha un circuit hidràulic per portar la calor recuperada de les ARU a nivell dels panells d'intercanvi cap a la bomba de calor. Cal recordar que en aquest cas, els tubs són de PVC i segons les dades proporcionades per l'empresa Rabtherm la pèrdua màxima de càrrega en els tubs és de 300 kPa i les característiques del circuit hidràulic (Taula 60) són les següents:

Taula 60. Resum dels valors del circuit hidràulic del circuit primari de l'intercanviador del clavegueram. En la taula es reflecteixen els valors de Q (cabal d'aigua que passa per la xarxa hidràulica, expressada en l/h), Diàmetre nominal x espessor (mm), v (velocitat de l'aigua, expressada en m/s), Potència (kW), Ø canonada buidat (mm) i gruix aïllant (mm).

| Circuit | Q (l/h) | Diàmetre nom. x espessor (mm) | v (m/s) | Potència (kW) | Ø canonada buidat (mm) | Gruix aïllant (mm) |
|--------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| Inter. clave - BdC | 41.634 | 80x2,5 | 2,6 | 140 | 25 | 30 |

7. EQUIPS HIDRÀULICS DE LA INSTAL·LACIÓ

7.1. Bomba de circulació

Les bombes de circulació s'encarreguen de fer moure el fluid que transporta la calor pel circuit hidràulic. La bomba ha de compensar les pèrdues de càrrega (resistència la moviment del fluid) de tot el circuit. El fluid no es mourà si no funciona la bomba.

La bomba de circulació té dos parts ben diferenciades:

- Cos hidràulic.
- Motor elèctric.

L'esquema de muntatge aplicat a totes les bombes de circulació (per circuits oberts) de la instal·lació es mostra a continuació (Figura 43).

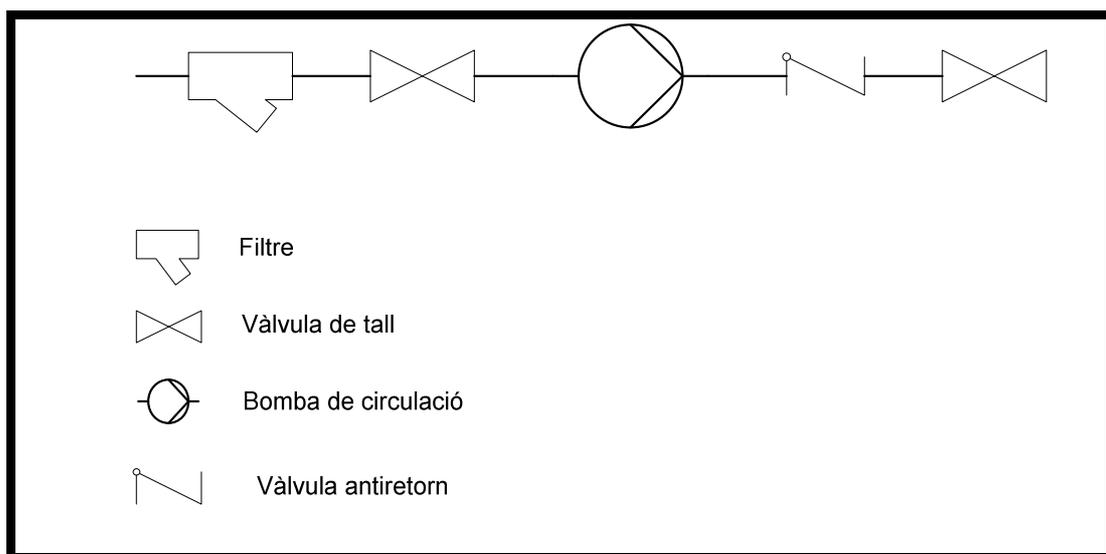


Figura 43. Esquema de muntatge de la bomba de circulació en els circuits hidràulics de la instal·lació.

El muntatge inclou:

- **Dues vàlvules de tall** que evitaran la necessitat de buidar tot el circuit en cas de que calgui canviar o reparar la bomba.
- **Un filtre** (malla metàl·lica) que es col·loca davant la vàlvula de tall de l'aspiració per retenir qualsevol partícula que pogués fer malbé la bomba. En aquest estudi s'han aplicat filtres només en els circuits oberts.

- A la sortida de la bomba de circulació hi ha sempre **una vàlvula de antiretorn**, que tanca completament el pas del fluid en circulació en un sentit i el deixa lliure en sentit contrari.

7.1.1. Elecció de la bomba de circulació

Les característiques de la bomba de circulació d'aigua s'han calculat mitjançant el programa informàtic "**Sedical**". Totes les bombes de l'estudi són del tipus amb rotor sec, dobles, muntades en línia i sense variador.

Totes les bombes proposades en la instal·lació es mostren en la següent taula (Taula 61).

Taula 61. Bombes de circulació de la instal·lació.

| Circuit | Bomba | Model | Cabal (m³/h) | ΔP (mca) | Rev (rpm) | Potència motor (kW) | Rodet | dB(A) |
|---|-------|---------------------|--------------|------------------|-----------|---------------------|-------|-------|
| C.CdB - Cfan-coils | B-1 | SDM 32/105.1-0.05/K | 1,57 | 2,61 | 1.450 | 0,05 | 94 | 26 |
| C.CdB - Besc (Vas) | B-2 | SDM 32/105.1-0.08/K | 4,06 | 2,85 | 1.450 | 0,08 | 100 | 26 |
| C.CdB - Besc (ACS) | B-3 | SMD 40/145.1-0.20/K | 2,82 | 3,95 | 1.450 | 0,2 | 110 | 38 |
| C.CdB - Besc (Unitat de condicionament de l'aire piscina) | B-4 | SDM 32/105.1-0.25/K | 4,52 | 7,73 | 2.900 | 0,25 | 83 | 49 |
| CdB - Col·lector | B-5 | SADP 50/9 T | 12,9 | 0,35 | 2.920 | 0,70 | 95 | 54 |
| C.BdC - Cfan-coils | B-6 | SDM 40/145.1-0.20/K | 3,13 | 3,79 | 1.450 | 0,2 | 108 | 38 |
| C.BdC - Besc (Vas) | B-7 | SDP 32/105.1-0.25/K | 6,09 | 6,28 | 2.900 | 0,25 | 78 | 49 |
| C.BdC - Besc (ACS) | B-8 | SDM 40/145.1-0.20/K | 5,56 | 5,63 | 1.450 | 0,2 | 138 | 38 |
| BdC1 - Col·lector | B-9 | SDM 32/105.1-0.05/K | 7,40 | 1,24 | 1.450 | 0,05 | 86 | 26 |
| BdC2 - Col·lector | B-10 | SDM 32/105.1-0.05/K | 7,40 | 1,24 | 1.450 | 0,05 | 86 | 26 |
| Besc (BdC) - Vas de la piscina | B-11 | SDM 32/105.1-0.05/K | 2,51 | 2,65 | 1.450 | 0,05 | 95 | 26 |
| Besc (CdB) - Vas de la piscina | B-12 | SDM 40/145.1-0.20/K | 3,29 | 4,62 | 1.450 | 0,2 | 121 | 38 |
| Besc (U. de cond. aire) - Vas de la piscina | B-13 | SDM 32/105.1-0.05/K | 1,55 | 2,42 | 1.450 | 0,05 | 91 | 26 |
| Besc (BdC) - D.ACS1 | B-14 | SDM 32/105.1-0.05/K | 1,57 | 0,73 | 1.450 | 0,05 | 70 | 26 |
| Besc (CdB) - D.ACS2 | B-15 | SDM 32/105.1-0.05/K | 1 | 1 | 1.450 | 0,05 | 70 | 26 |
| Distribució ACS | B-16 | SADP 40/8T | 2 | 0,8 | 2.950 | 0,35 | 90 | 50 |
| BdC - Inter. del clavegueram | B-17 | SDP 65/185.2-5.5/K | 41,6 | 30,59 | 2.900 | 5,5 | 177 | 71 |

7.2. Bescanviador de calor

Els bescanviadors de calor són dispositius dissenyats per transferir calor entre dos fluids separats per una superfície metàl·lica. Són una part essencial dels dispositius de refrigeració, condicionament de l'aire, producció d'energia i processament químic. Les condicions d'operació més importants són els fluxos de fluid, les temperatures, les pressions d'operacions i les limitacions de caiguda de pressió del sistema. En el present estudi s'utilitzen 4 bescanviadors de calor de plaques:

- **Bescanviador 1:** caldera de biomassa - vas de la piscina.
- **Bescanviador 2:** bomba de calor - vas de la piscina.
- **Bescanviador 3:** caldera de biomassa - dipòsit d'ACS 2.
- **Bescanviador 4:** bomba de calor - dipòsit d'ACS 1.

7.2.1. Elecció dels bescanviadors de calor

Els bescanviadors de plaques escollits per la instal·lació són de la marca **Sedical**. Aquesta marca proporciona una programa informàtic als clients per fer el dimensionament dels bescanviadors. Les característiques de cada un dels quatre bescanviadors de calor es poden observar en la següent taula (Taula 62):

Taula 62. Característiques dels bescanviadors de calor de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{bes} (Potència d'intercanvi, expressada en kW), ΔP_c (Pèrdua de càrrega en el costat fred del bescanviador, expressada en kPa), ΔP_h (Pèrdua de càrrega en el costat calent del bescanviador, expressada en kPa), U (conductivitat tèrmica de les plaques del bescanviador, expressada en W/m^2K).

| Bescanviador | CdB - Vas de la piscina | BdC - Vas de la piscina | CdB - D. ACS2 | BdC - D.ACS1 |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Model de bescanviador de calor | UFP-30/15 H-C-PN10 | UFP-32/18 H-C-PN10 | UFP-32/10 H-C-PN10 | UFP-32/18 H-C-PN10 |
| Q_{bes} (kW) | 92 | 70 | 64 | 64 |
| ΔP_c (kPa) | 32 | 13,9 | 9,5 | 6,6 |
| ΔP_h (kPa) | 23 | 47 | 34 | 40,7 |
| Material | AISI 316 | AISI 316 | AISI 316 | AISI 316 |
| Nombre de plaques | 15 | 18 | 10 | 18 |
| Agrupament | 1x7 / 1x7 | 1x9 / 1x8 | 1x5 / 1x4 | 1x9 / 1x8 |
| Gruix plaques (mm) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| U brut/net (W/m^2K) | 7.023,1/7.348,8 | 3.800,7 / 5.641,6 | 4.207,8 / 5.564,9 | 4.772,4 / 4.878,1 |
| Factor embrutiment (m^2K/kW) | 0,0063 | 0,0858 | 0,0579 | 0,0045 |
| Àrea efectiva (m^2) | 0,21 | 0,67 | 0,33 | 0,67 |
| Sobre dimensionament (%) | 4,6 | 48,43 | 32,25 | 32,25 |

7.3. Vas expansió

La normativa del "Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis" (RITE), en l'apartat IT 1.3.4.2.4 estableix que els circuits tancats d'aigua o solucions aquoses han estar equipats amb un dispositiu d'expansió de tipus tancat, que permet absorbir, sense donar lloc a esforç mecànics, el volum de dilatació del fluid. El disseny i dimensionat dels sistemes d'expansió proposats en aquest estudi segueixen els criteris indicats en la norma UNE 100155.

El vas d'expansió serveix per absorbir les variacions de volum del fluid i mantenir uns marges de pressió preestablerts als circuits tancats. El vas d'expansió contraresta les variacions de volum i pressió que es produeixen en un circuit quan el fluid augmenta o disminueix de temperatura:

- quan la temperatura del fluid circulant augmenta el vas es dilata i augmenta el seu volum (s'omple).
- quan la temperatura disminueix el fluid es contrau sortint del vas d'expansió per tornar al circuit.

El vas d'expansió treballa en tres fases (Figura 44):

- **A:** el fluid està fred i N_2 ocupa tot el volum del vas d'expansió.
- **B:** el fluid es va escalfant augmentant el seu volum al vas.
- **C:** el fluid ja està calent i arriba a un equilibri amb N_2 en el vas d'expansió.

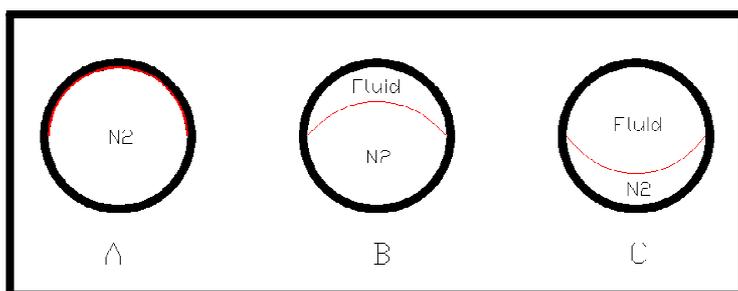


Figura 44. Fases de treball del vas d'expansió.

En aquest projectes els vasos d'expansió escollits són tancats i sense transferència de massa a l'exterior del circuit (vas tancat amb membrana). El vas s'ubica a la zona d'aspiració de la bomba de circulació per evitar les depressions en el si del circuit.

7.3.1. Elecció del vasos d'expansió de la instal·lació

S'han calculat el volum dels vasos d'expansió (veure annex de càlculs) per tal escollir el vas més adequat amb el programa informàtic de la marca **Sedical** (Taula 63).

Taula 63. Vasos d'expansió de la instal·lació.

| Circuit | Model | Volum total (l) |
|---|-----------|-----------------|
| Caldera de pèl·lets | NG - 50/6 | 50 |
| Bomba de calor | NG - 8/6 | 8 |
| Intercanviador del clavegueram - Bomba de calor | NG - 8/6 | 8 |

7.4. Dipòsits d'acumulació d'aigua calenta sanitària (ACS)

Els models de dipòsits d'acumulació d'ACS proposats en l'estudi són el model **IMXV 3000 RB INOX (ACS1)** i **IMXV 2000 RB INOX (ACS1)** de la sèrie **IDROGAS** de la marca **Salvador Escoda**. Es tracta de dipòsits sense bescanviador de serpenti, destinat a l'acumulació de l'ACS produïda de manera externa en els bescanviadors de plaques de la instal·lació. Els dipòsits de la sèrie IDROGAS (Taula 64) són d'acer inoxidable i tenen un aïllament d'espuma rígida de poliuretà amb una densitat optimitzada de 80 mm d'espessor.

Taula 64. Característiques dels dipòsits d'acumulació d'ACS.

| Característica | Unitat | MODEL 2000RB | MODEL 3000RB |
|-------------------------------------|--------|--------------|--------------|
| Dipòsit | - | ACS 2 | ACS 1 |
| Capacitat d'ACS | l | 2.000 | 3.000 |
| Temp. Màx. En continu depòsit d'ACS | °C | 90 | 90 |
| Pressió màx. Depòsit d'ACS | bar | 8 | 8 |
| Pes en buit | kg | 315 | 485 |
| Diàmetre exterior (A) | mm | 1.360 | 1.660 |
| Longitud total (B) | mm | 2.280 | 2.305 |
| Cota C | mm | 175 | 175 |
| Cota D | mm | 315 | 350 |
| Cota E | mm | 680 | 805 |
| Cota F | mm | 780 | 590 |
| Cota G | mm | 1.555 | 1.540 |

7.5. Dipòsits d'inèrcia

La instal·lació de la piscina proposada consta de tres dipòsits d'inèrcia, **un** de **3.000 l** i **dos** de **4.000 l**. Per calcular aquests volums d'inèrcia s'ha aplicat la següent equació (Carrier España, J. Vilches):

$$V_{ine} = 14,4 * P * t_{ine}(T2 - T1)$$

On,

V_{ine} és el volum del dipòsit d'inèrcia (l)

P és la potència de l'últim escaló de la màquina (kW)

t_{ine} és el temps entre arrancada tolerada per la màquina (min)

(T2-T1) és la diferència de temperatures d'arrencada de la màquina (normalment 6°C)

Per la caldera de biomassa es proposen els dipòsit de **3000 PF SOL** i de **4000 PF SOL** de la sèrie IDROGAS de la marca Salvador Escoda. Pel que fa a les bombes de calor s'ha escollit el dipòsit **4000 PF SOL**.

8. PLANIFICACIÓ

8.1. Planificació per l'execució i la posada en marxa de la instal·lació de la piscina

En aquest apartat es realitza la programació de l'execució i la posada en marxa del projecte. Primerament cal descriure la planificació de l'execució de les activitats, és a dir totes aquelles execucions de feina que consumeixen una sèrie de recursos i que dura un temps determinat. Les activitats per executar el nostre estudi es poden veure en la següent taula (Taula 65):

Taula 65. Activitats per l'execució del projecte de recuperació de la calor de les ARU per la climatització de la piscina.

| Designació | Activitat |
|------------|---|
| A | Moviment de terres |
| B | Fonaments de l'edifici de la instal·lació |
| C | Xarxa de sanejament |
| D | Instal·lació de l'intercanviador de calor del clavegueram |
| E | Vas de la piscina |
| F | Bigues |
| G | Coberta |
| H | Tancaments exteriors |
| I | Tancaments interiors |
| J | Terra planta subterrània |
| K | Terra planta principal |
| L | Portes i fusteria |
| M | Instal·lació d'aigua |
| N | Instal·lació elèctrica |
| O | Instal·lació dels equips generadors de calor |
| P | Instal·lació d'altres equips |
| Q | Instal·lació del conductes d'aire |
| R | Acabats |
| S | Proves del funcionament de la instal·lació |
| T | Posada a règim estacionari la instal·lació |

La durada de les activitats i la designació de cada una d'elles també ha de ser planificada. Els paràmetres per l'execució de la nostra instal·lació s'han fixat en la següent taula (Taula 66):

Taula 66. Durada de les activitats i la designació dels seus precedents a l'hora de l'execució.

| Designació | Activitat | Precedents | Duració (dies) |
|------------|---|------------|----------------|
| A | Moviment de terres | - | 5 |
| B | Fonaments de l'edifici de la instal·lació | A | 20 |
| C | Xarxa de sanejament | B | 10 |
| D | Instal·lació de l'intercanviador de calor del clavegueram | B | 15 |
| E | Vas de la piscina | C | 6 |
| F | Bigues | E | 3 |
| G | Coberta | F | 10 |
| H | Tancaments exteriors | G | 10 |
| I | Tancaments interiors | G | 8 |
| J | Terra planta subterrània | H,I | 3 |
| K | Terra planta principal | H,I | 5 |
| L | Portes i fusteria | J,K | 4 |
| M | Instal·lació d'aigua | L | 13 |
| N | Instal·lació elèctrica | L | 9 |
| O | Instal·lació dels equips generadors de calor | M,N,D | 6 |
| P | Instal·lació d'altres equips | O | 5 |
| Q | Instal·lació del conductes d'aire | O | 10 |
| R | Acabats | P,Q | 5 |
| S | Proves del funcionament de la instal·lació | R | 3 |
| T | Posada a règim estacionari la instal·lació | S | 2 |

A partir de les dades de la taula anterior (Taula 66) s'han obtingut una sèrie de diagrames i estadístiques mitjançant el programa informàtic Microsoft Office Project 2010. Per la planificació amb el programa informàtic s'han fixat una sèrie de condicions:

- Data d'inici de l'avantprojecte: 2 de maig del 2012
- Data d'inici de l'execució del projecte: 1 d'octubre del 2012.
- Calendari del projecte: Estàndard (8 hores durant els 5 dies laborables setmanals).
- Prioritat: 500 (prioritat d'execució mitjana).

A continuació, es mostren els diagrames obtinguts que mostren la planificació (avantprojecte, l'execució del projecte i la posada en marxa la instal·lació) d'aquest estudi: 1) el diagrama de Gantt i 2) el diagrama de Gantt de seguiment.

- **Diagrama de Gantt.**

El diagrama de Gantt és una eina de planificació del treball, que té com objectiu mostrar el temps de dedicació previst per les diferents tasques o activitats al llarg d'un temps total determinat. El diagrama de Gantt obtingut per l'execució de l'estudi es mostra a continuació (Figura 45).

- **Diagrama de Gantt de seguiment.**

En el cas del diagrama de Gantt de seguiment (Figura 46) inclou el camí crític de l'execució del projecte. El camí crític es representa amb una línia vermella en el diagrama i és la seqüència dels les taques terminals de la xarxa de projecte amb una major duració entre ells, determinant el temps més curt en el que és possible finalitzar el projecte. La duració de la ruta o camí crític determina la duració del projecte enter i qualsevol retard en un element del camí crític afecta a la data de finalització plantejada en el projecte.

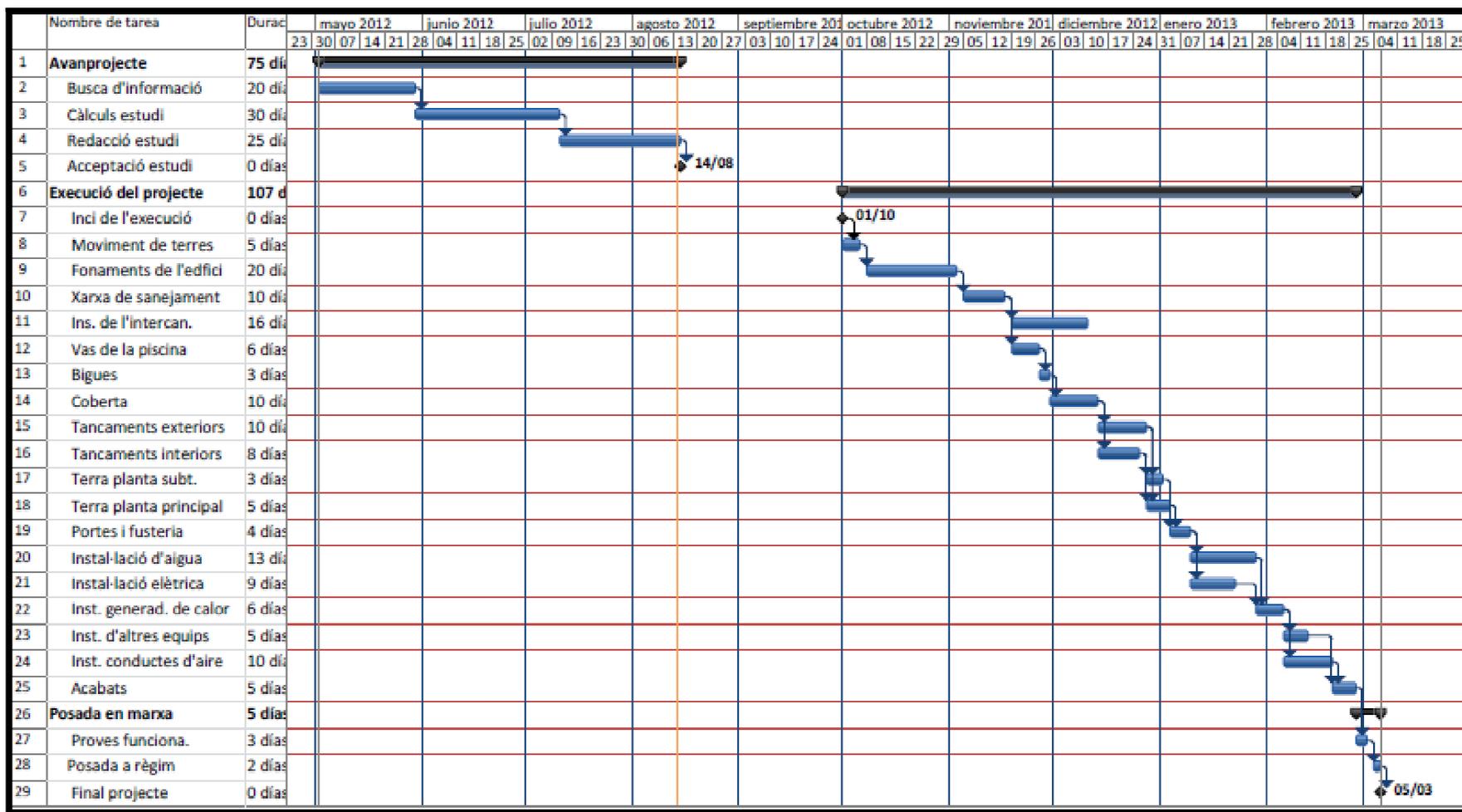


Figura 45. Diagrama de Gantt de l'execució de l'estudi.

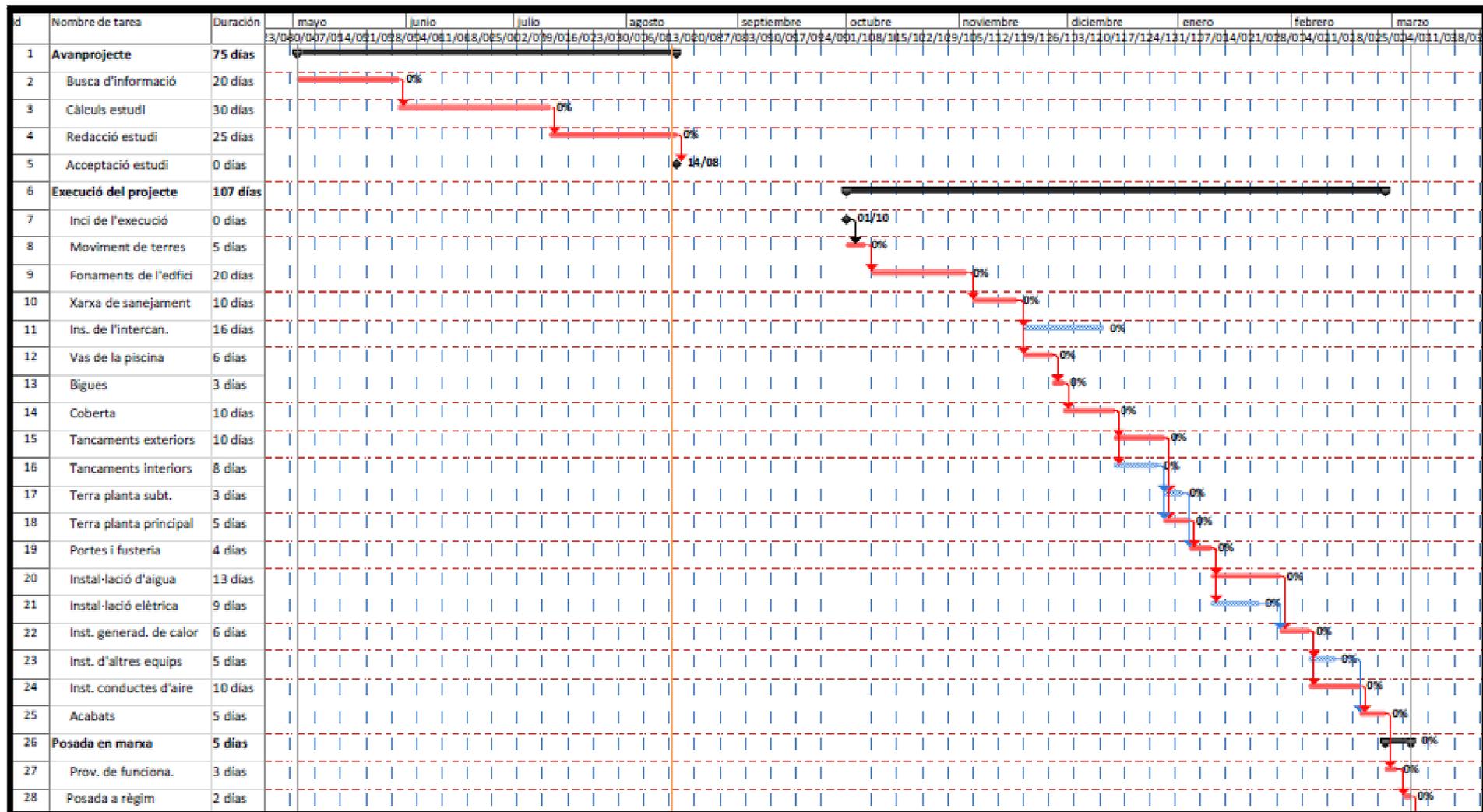


Figura 46. Diagrama de Gantt de seguiment

Finalment, les estadístiques de la planificació de la programació de l'execució i la posada en marxa del projecte es resumeixen en la següent taula (Taula 67):

Taula 67. Estadístiques de la planificació.

| | |
|--|------------|
| Data d'inici de l'execució del projecte | 01/10/2012 |
| Data de finalització de l'execució i la posta en marxa del projecte | 05/03/2013 |
| Durada real de l'execució del projecte (dies) | 112 |

9. ESTUDI ECONÒMIC I AMBIENTAL DE LA INSTAL·LACIÓ

9.1. Comparació de la instal·lació escollida amb dues instal·lacions convencionals

En el present apartat de la memòria es compara si l'opció escollida d'aplicació d'un sistema de recuperació de la calor del clavegueram juntament amb una caldera de pèl·lets resulta que és rentable al llarg del temps que les instal·lacions amb generadors de calor convencionals (caldera de gas natural o gasoil).

El sistema escollit té una inversió i un manteniment de la instal·lació més elevat però incorpora uns elements alternatius que impliquen un estalvi d'energia.

Les tres instal·lacions que es comparen, es descriuen a continuació:

- **A (instal·lació escollida):** la instal·lació per cobrir les necessitats està composta per un intercanviador de calor que recupera la calor de les aigües residuals urbanes (ARU), dues bombes de calor, una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de biomassa.
- **C1 (instal·lació convencional utilitzant una caldera de gas natural):** la instal·lació per cobrir les necessitats està composta per una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de gas natural.
- **C2 (instal·lació convencional utilitzant una caldera de gasoil C):** la instal·lació per cobrir les necessitats està formada per una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de gasoil C.

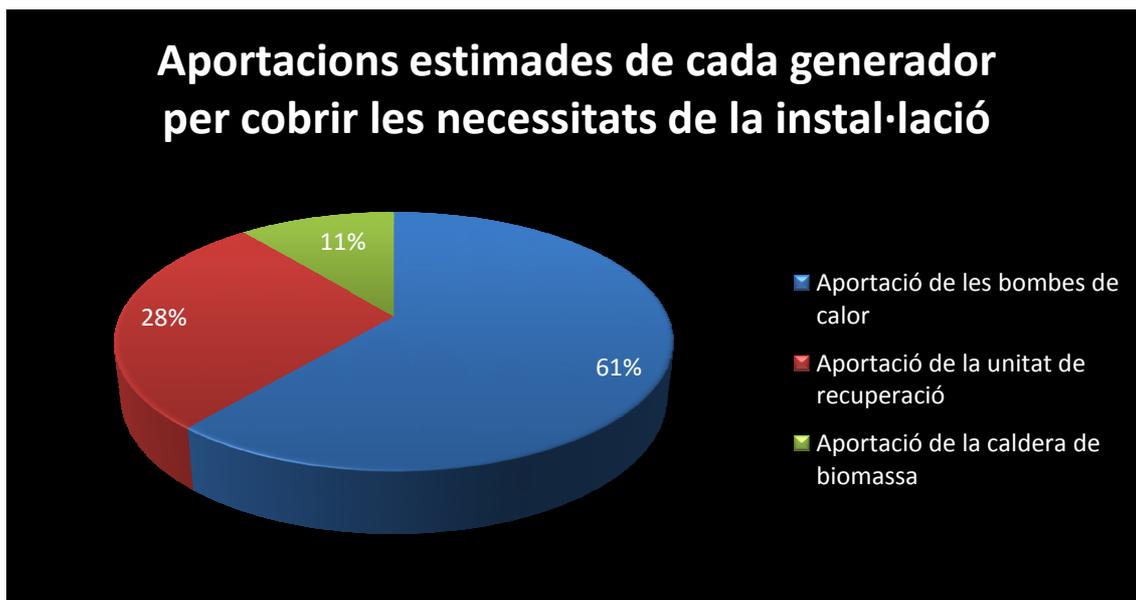
9.1.1. Estimacions de les necessitats que cobreix cada un dels equips en les diverses instal·lacions que es comparen

En l'estudi s'ha inclòs les estimacions de les necessitats que cobreixen cada un dels equips de manera més concreta (veure annex econòmic). A continuació es mostren el resum per cada una de les tres instal·lacions que es comparen.

- **Per la instal·lació A:** les aportacions dels diferents equips per cobrir les necessitats energètiques es resumeixen (Taula 68) i esquematitzen (Gràfic 4) a continuació.

Taula 68. Aportació dels diferents equips de la instal·lació (A) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{total} (despesa energètica de la instal·lació per cobrir totes les necessitats de la instal·lació, expressada en kWh/mes), aportació d'energia amb la caldera de biomassa (kWh/mes), aportació d'energia amb la unitat de condicionament de l'aire (kWh/mes) i l'aportació d'energia amb de la bomba de calor (kWh/mes).

| Mes | Q_{total} (kWh/mes) | Aportació de la CdBiomassa (kWh/mes) | Aportació de la U. de cond. de l'aire (kWh/mes) | Aportació de la Bomba de calor (kWh/mes) |
|----------------------------|--------------------------|--|---|--|
| Gener | 120.457 | 10.816 | 38.383 | 71.259 |
| Febrer | 110.576 | 10.118 | 34.403 | 66.055 |
| Març | 111.568 | 10.816 | 33.713 | 67.039 |
| Abril | 101.803 | 10.467 | 30.551 | 60.785 |
| Maig | 93.336 | 10.816 | 25.520 | 57.000 |
| Juny | 80.562 | 10.467 | 19.733 | 50.363 |
| Juliol | 74.234 | 10.816 | 15.108 | 48.309 |
| Agost | 75.687 | 10.816 | 15.108 | 49.763 |
| Setembre | 86.681 | 10.467 | 21.733 | 54.482 |
| Octubre | 98.316 | 10.816 | 26.439 | 61.061 |
| Novembre | 106.600 | 10.467 | 32.107 | 64.027 |
| Desembre | 118.810 | 10.816 | 37.388 | 70.606 |
| Anual (kWh/any) | 1.178.632 | 127.697 | 330.184 | 720.750 |

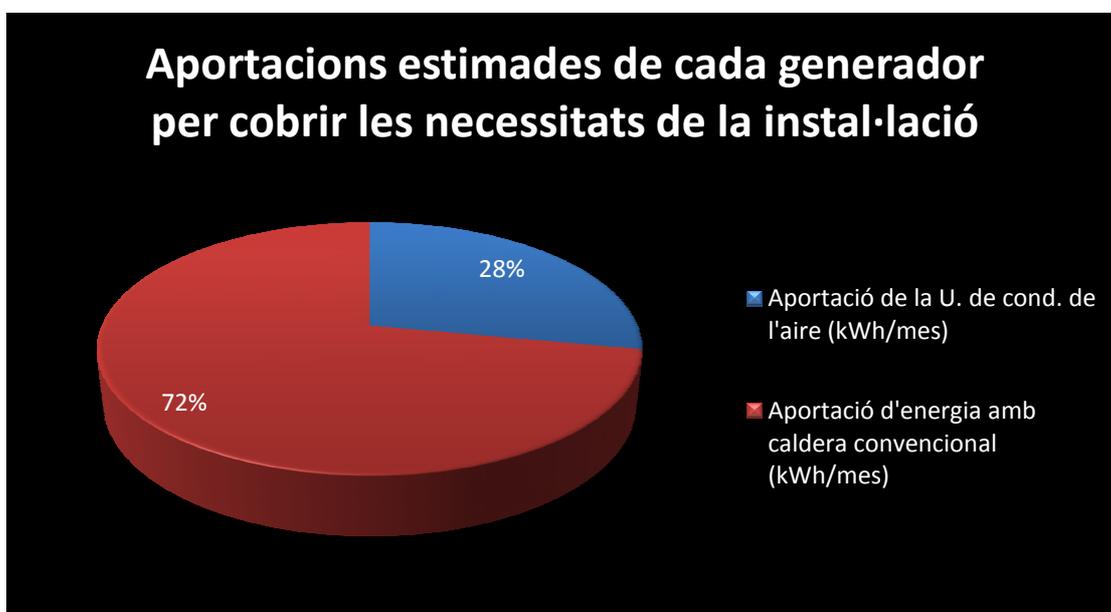


Gràfic 4. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació.

- Per la instal·lació C1 i C2: les aportacions de cada equip en les instal·lacions convencionals es mostra (Taula 69) i representa a continuació (Gràfic 5).

Taula 69. Aportació dels diferents equips de la instal·lació (C1) i (C2) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{total} (despesa energètica de la instal·lació per cobrir totes les necessitats de la instal·lació, expressada en kWh/mes), l'aportació d'energia amb la unitat de condicionament de l'aire (kWh/mes) i l'aportació d'energia amb la caldera de convencional (kWh/mes).

| Mes | Q_{total} (kWh/mes) | Aportació de la U. de cond. de l'aire (kWh/mes) | Aportació d'energia amb caldera convencional (kWh/mes) |
|------------------------|------------------------------|---|--|
| Gener | 120.457 | 38.383 | 82.074 |
| Febrer | 110.576 | 34.403 | 76.173 |
| Març | 111.568 | 33.713 | 77.855 |
| Abril | 101.803 | 30.551 | 71.252 |
| Maig | 93.336 | 25.520 | 67.816 |
| Juny | 80.562 | 19.733 | 60.829 |
| Juliol | 74.234 | 15.108 | 59.126 |
| Agost | 75.687 | 15.108 | 60.579 |
| Setembre | 86.681 | 21.733 | 64.948 |
| Octubre | 98.316 | 26.439 | 71.877 |
| Novembre | 106.600 | 32.107 | 74.493 |
| Desembre | 118.810 | 37.388 | 81.422 |
| Anual (kWh/any) | 1.178.632 | 330.184 | 848.448 |



Gràfic 5. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació.

9.1.2. Comparació de econòmica

Per poder realitzar una comparació econòmica de les tres opcions de instal·lacions s'han fixat unes dades de partida que serviran de base pel càlcul econòmic:

- Període de vida de la instal·lació: 20 anys
- Preu actual del kWh elèctric: 0,170566 €/kWh
- Augment anual del preu del kWh elèctric: 5%
- Preu actual del gas natural: 7,1146 c€/kWh
- Augment anual del preu gas natural: 5,09%
- Preu actual del gasoil C: 0,1059 €/kWh
- Augment anual del preu gasoil C: 5,02%
- Preu actual dels pèl·lets (Lignus): 0,18 €/kg
- Augment anual del preu dels pèl·lets (Lignus): 1%

En l'estudi s'ha inclòs estudi econòmic de cada una de les tres opcions possibles de manera més concreta (veure annex econòmic).

S'ha calculat **import total acumulat** (inversió inicial, manteniment i consum energètic) per un període de 20 anys de vida per les tres instal·lacions. Al primer any de funcionament de la instal·lació s'han imputat les despeses associades a la inversió inicial dels equips de la instal·lació, el cost anual en manteniment i l'import d'energia consumida (Taula 70). Per la resta d'anys s'ha imputat l'import total acumulat de l'any anterior més el cost anual de manteniment i l'import d'energia consumida corresponent aquell any.

Taula 70. Acumulació de l'import total (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant el primer any de vida de cada una de les instal·lacions (A, C1 i C2).

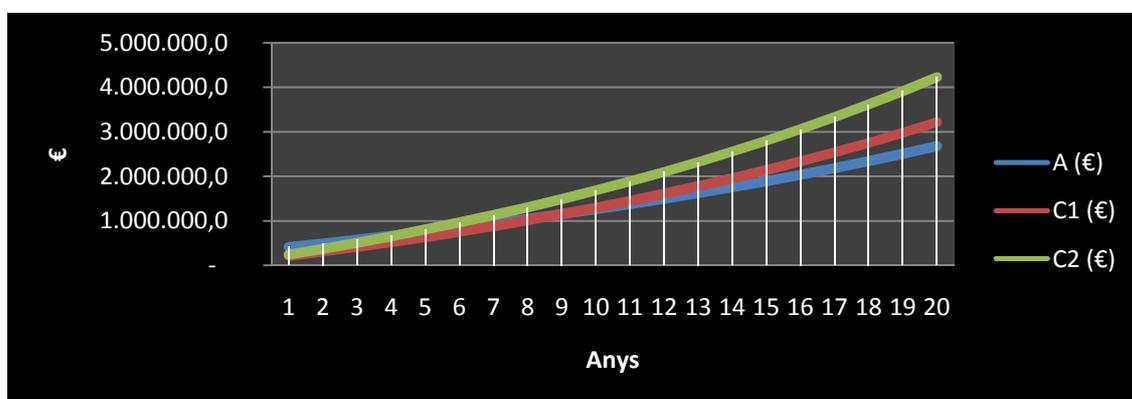
| Instal·lació | Any | Inversió (€) | Manteniment (€) | Import de l'energia (€) | Import total acumulat 1r any (€) |
|--------------|-----|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------------------|
| A | 1 | 337.201,6 | 10.116,0 | 66.268,0 | 413.585,6 |
| C1 | 1 | 118.142,0 | 1.184,0 | 92.314,0 | 211.640,0 |
| C2 | 1 | 115.238,00 | 1.184,0 | 123.305,0 | 239.727,0 |

Per poder comparar millor cada alternativa s'han fet un resum del cost acumulat durant els 20 anys per cada una de les tres alternatives (Taula 71; Gràfic 6). S'observa, que l'opció escollida (A) té una inversió i un manteniment anual més elevat que les altres dues opcions, però durant el període de vida s'amortitza aquest major cost ja que

incorpora elements alternatius que impliquen un estalvi d'energia. Es pot observar que a partir del cinquè any de funcionament de la instal·lació l'opció (A) ja és més rentable que l'opció (C1) i a partir del desè any també es més rentable que l'opció (C2).

Taula 71. Comparació anual del import total acumulat de la instal·lació per cadascuna de les tres opcions A, C1 i C2 estudiades.

| Any | Import total opció A (€) | Import total opció C1 (€) | Import total opció C2 (€) |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 413.585,6 | 211.640,0 | 239.727,0 |
| 2 | 493.096,5 | 309.810,7 | 370.400,1 |
| 3 | 575.888,8 | 412.890,7 | 507.567,5 |
| 4 | 662.124,8 | 521.128,6 | 651.554,9 |
| 5 | 751.974,5 | 634.785,3 | 802.704,3 |
| 6 | 845.616,9 | 754.135,2 | 961.375,0 |
| 7 | 943.239,7 | 879.466,5 | 1.127.944,0 |
| 8 | 1.045.039,8 | 1.011.082,0 | 1.302.807,6 |
| 9 | 1.151.224,2 | 1.149.299,9 | 1.486.381,9 |
| 10 | 1.262.010,1 | 1.294.454,3 | 1.679.103,5 |
| 11 | 1.377.625,5 | 1.446.896,5 | 1.881.431,5 |
| 12 | 1.498.309,9 | 1.606.995,2 | 2.093.847,3 |
| 13 | 1.624.314,7 | 1.775.138,2 | 2.316.857,2 |
| 14 | 1.755.903,8 | 1.951.732,6 | 2.550.992,3 |
| 15 | 1.893.354,3 | 2.137.206,3 | 2.796.810,7 |
| 16 | 2.036.957,2 | 2.332.008,9 | 3.054.898,3 |
| 17 | 2.187.017,9 | 2.536.612,4 | 3.325.870,3 |
| 18 | 2.343.857,2 | 2.751.513,3 | 3.610.373,1 |
| 19 | 2.507.811,9 | 2.977.232,5 | 3.909.085,3 |
| 20 | 2.679.235,4 | 3.214.318,0 | 4.222.719,4 |
| TOTAL | 2.679.235,4 | 3.214.318,0 | 4.222.719,4 |



Gràfic 6. Comparació de l'import segons l'opció per cobrir la instal·lació sigui A, C1, C2.

9.2. Rendibilitat econòmica

L'estudi s'ha complementat amb el càlcul de la rendibilitat econòmica de la instal·lació amb el càlcul dels paràmetres clàssics: **valor actual net (VAN)**; **taxa interna de rendibilitat (TIR)** i **període de retorn (PR)**.

- **VAN: Valor actual net.**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

On,

VAN és el valor actual net
V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
k és el tipus d'interès
t és el nombre de període considerat

- **TIR: Taxa interna de rendibilitat.**

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

On,

TIR és la taxa interna de rendibilitat
V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
t és el nombre de període considerat

- **PR: Període de retorn.**

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

On,

V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
k és el tipus d'interès
t és el nombre de període considerat

En l'estudi només s'ha tingut en compte el sobrecost provocat per la instal·lació plantejada respecte a l'opció convencional C1 (utilitzant una caldera de gas natural). Els fluxos de caixa anuals es calculen a partir de la resta del cost del manteniment anual en els beneficis de l'estalvi d'energia obtinguts de l'aplicació d'elements alternatius de la instal·lació.

Pel que fa al interès bancari s'ha fixat un valor de l'1% (BCE, 08/12/2011).

Al cap de 20 anys, s'observa que el valor actual net (**VAN**) és de **420.815 €** la taxa interna de rendibilitat (**TIR**) és de **11%** i el període de retorn (**PR**) és de 10 anys (Taula 72).

Taula 72. Resultats del VAN, TIR, PR de la instal·lació escollida. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de VAN (Valor actual net, expressat en €), TIR (Taxa interna de rendibilitat, expressada en %) i PR (període de retorn, expressat en anys).

| Paràmetres clàssics pel càlcul de la rendibilitat econòmica | Valor |
|---|-----------|
| Valor actual net (VAN) | 420.815 € |
| Taxa interna de rendibilitat (TIR) | 11% |
| Període de retorn (PR) | 10 anys |

9.3. Resum del pressupost de la instal·lació

El pressupost del cost de la instal·lació proposada en l'estudi no inclou la regulació, la legalització de la instal·lació, ni el muntatge. S'ha estructurat en 7 apartats (Taula 73):

1. Intercanviador del clavegueram
2. Bombes de calor
3. Caldera de pèl·lets
4. Vas de la piscina
5. ACS
6. Fan-coil
7. Unitat de condicionament de l'aire i l'aigua de la sala de la piscina

Taula 73. Pressupost del equip de la instal·lació.

| Apartat del pressupost d'equips de la instal·lació | € |
|--|------------------|
| 1. Intercanviador de calor | 98.420,6 |
| 2. Bombes de calor | 62.814,6 |
| 3. Caldera de pèl·lets | 100.206,8 |
| 4. Vas de la piscina | 10.653,7 |
| 5. ACS | 24.645,4 |
| 6. Fan-coil | 4.017 |
| 7. Unitat de condicionament de l'aire | 117.844,8 |
| Total equips | 418.603,1 |

El cost total de la instal·lació, **498.891,1 €** inclou els costos dels equips, els d'enginyeria i el d'IVA (Taula 74).

Taula 74. Pressupost de la instal·lació.

| Cost | (€) |
|------------------|------------------|
| Equips | 418.603,1 |
| Enginyeria | 4.186,0 |
| IVA (18%) | 76.102,0 |
| Total (€) | 498.891,1 |

9.4. Impacte ambiental

Pel càlcul de l'impacte ambiental de la instal·lació, es necessari determinar els nivells d'aprofitament de la instal·lació de recuperació de la calor de les ARU mitjançant els panells intercanviadors i les bombes de calor, així com tenir en compte la utilització d'una caldera de biomassa.

9.4.1. Emissions anuals a l'atmosfera dels gasos (CO_2 , NO_x i SO_x) de la instal·lació.

La instal·lació de recuperació de la calor de les ARU permet una reducció de les emissions a l'atmosfera de gasos com CO_2 , NO_x i SO_x , respecte les instal·lacions convencional (calderes de gas natural o gasoil). La utilització de tecnologies de recuperació de la calor permet disminuir el consum d'electricitat, que produeixen emissions de gasos en les centrals tèrmiques i de cicle combinat i a la generació de residus nuclears per la seva producció (Figura 47).

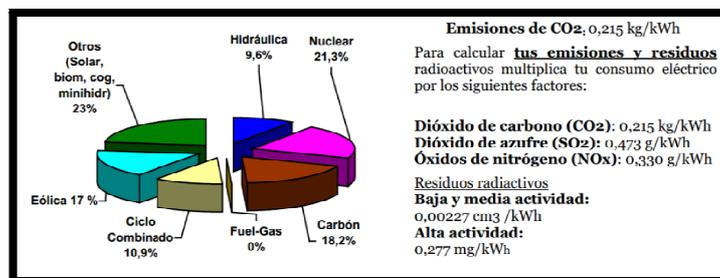


Figura 47. Origen i emissions de l'electricitat de la península ibèrica, en data de maig del 2012.

Font: http://awsassets.wwf.es/downloads/oe_mayo_2012_70_1.pdf

Les emissions de CO₂ derivades de la combustió dels pèl·lets en la caldera de biomassa es consideren neutres ja que aquest carboni ja havia estat prèviament fixat de l'atmosfera (Figura 48). Les emissions d'altres gasos nocius en la combustió dels pèl·lets són casi inexistentes.

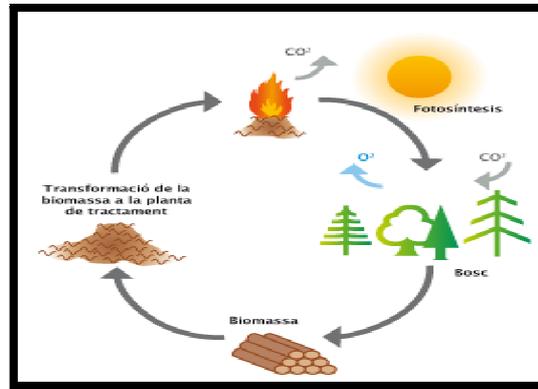


Figura 48. Cicle del CO₂ de biocombustible per calderes de biomassa. Font: <http://www.dominiam biental.com/biomassa.asp>

Les estimacions de les emissions anuals associades a la despesa energètica per cobrir les necessitats de la instal·lació són de **36.591 kg de CO₂**, **171.410 kg de SO_x** i **119.589 kg de NO_x** (Taula 75).

Taula 75. Emissions de gasos anuals a atmosfera per cobrir les necessitats energètiques.

| Equip | Energia consumida (kWh/any) | Emissions de CO ₂ (kg) | Emissions de SO _x (kg) | Emissions de NO _x (kg) |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Unitat de condicionament de l'aire | 170.190 | 36.591 | 80.500 | 56.163 |
| Bombes de calor | 192.200 | 41.323 | 90.911 | 63.426 |
| Caldera de biomassa | 136.636 | - | - | - |
| TOTAL | 499.026 | 77.914 | 171.410 | 119.589 |

9.4.2. Comparació de les emissions anuals a l'atmosfera de CO₂ de la instal·lació amb les instal·lacions convencionals.

La comparació de les emissions de gasos a l'atmosfera entre la l'opció escollida en l'estudi (A) i les dues opcions convencionals (C1) i (C2) es descriu en aquest apartat.

El Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE 2007) estipula que per cada kWh tèrmic generat amb gas natural o en gasoil C es produeix una emissió de 0,204 kg CO₂ i 0,287 kg de CO₂, respectivament.

A partir d'aquestes dades i les calculades per en estudi econòmic es pot observar que les emissions de CO₂ a atmosfera per l'opció C1 és de 218.325 kg (Taula 76), i de 292.271 kg per l'opció C2 (Taula 77).

Taula 76. Emissions de CO₂ (kg) per l'opció C1 (caldera de gas natural).

| Equip | Energia consumida (kWh/any) | Emissions de CO ₂ (kg) |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Unitat de condicionament de l'aire | 170.190 | 36.591 |
| Caldera de gas natural | 890.870 | 181.737 |
| TOTAL | 1.018.638 | 218.328 |

Taula 77. Emissions de CO₂ (kg) per l'opció C2 (caldera de gasoil C).

| Equip | Energia consumida (kWh/any) | Emissions de CO ₂ (kg) |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Unitat de condicionament de l'aire | 170.190 | 36.591 |
| Caldera de gasoil C | 890.870 | 255.680 |
| TOTAL | 1.018.638 | 292.271 |

En el cas de l'opció A escollida, les emissions de CO₂ disminueixen significativament (Taula 78). En concret l'emissió es redueix entorn a un 64% respecte l'opció C1 i d'un 73 % respecta l'opció C2.

Taula 78. Emissions de CO₂ (kg) de cada opció de instal·lació.

| Opció | Emissions de CO ₂ (kg) |
|-------|-----------------------------------|
| A | 77.914 |
| C1 | 218.328 |
| C2 | 292.271 |

10. CONCLUSIONS

Les principals conclusions a les que s'ha arribat en l'estudi s'exposen a continuació.

1. La potència màxima per cobrir les quatre necessitats de la instal·lació en règim estacionari és de **265,8 kW**:
 - Necessitats del vas de la piscina: **69,1 kW**
 - Necessitats en l'aire interior de la sala de la piscina: **102,5 kW**
 - Necessitats tèrmiques calorífiques de les sales annexes: **30,2 kW**
 - Necessitats en la producció d'aigua calenta sanitària (ACS): **64 kW**
2. L'estimació de la despesa total anual de la instal·lació és de **1.179 MWh/any**:
 - Necessitats del vas de la piscina: **48%** de la despesa total.
 - Producció d'ACS: **28%** de la despesa total.
 - Necessitats de la sala de la piscina: **20%** de la despesa total.
 - Necessitats calorífiques a l'hivern a les sales annexes: **4%** de la despesa total.
3. Per cobrir les necessitats de la instal·lació hi ha tres **generadors de calor** que són una **caldera de biomassa**, dues **bombes de calor** i una **unitat de condicionament** de l'aire de la sala de la piscina.
4. La **caldera de biomassa** utilitza com a biocombustible **pèl·lets**, té una potència màxima de **300 kW** i està dimensionada per cobrir totes les despeses de la instal·lació, però en condicions normals cobreix **11%** de les despeses totals de la instal·lació.
5. Les dues **bombes de calor** aporten una potència de **170 kW**. Amb un **COP** del **3,75**, les bombes cobreixen el **61%** de les necessitats totals de la instal·lació i generen al llarg de l'any **41tn** de **CO₂**.
6. La **unitat de condicionament de l'aire i l'aigua amb recuperació** de la **calor** elimina **43 kg/h d'aigua** de l'aire de la sala interior, introduir el cabal mínim higiènic d'aire (**7.087,5 m³/h**) de l'exterior a la sala de la piscina i una recirculació de **25.000 m³/h** de l'aire de l'interior de la sala de piscina. La unitat

cobreix el **28%** de les necessitats totals de la instal·lació. La unitat de condicionament genera al llarg de l'any **37 tn** de **CO₂**.

7. Per recuperar la calor de les ARU s'utilitza uns panells intercanviador de **51 metres de llargada** i amb una **àrea d'intercanvi de 65 m²**. La potència recuperada en els panells intercanviadors és de **140 kW**. La disminució de temperatura de les ARU un cop ha passat pels panells intercanviadors de calor és de **0,57 K**.

8. El pressupost de la instal·lació d'aquest estudi és de **498.891 €** i descriu una **vida útil de 20 anys**. L'ús d'aquest sistema de climatització resulta més rentable econòmicament a partir del **cinquè** i **desè** que el **gas natural** i la caldera de **gasoil** respectivament. La rendibilitat de la instal·lació amb el **VAN** és de **420.815 €**, el **TIR** de **11%** després de 20 anys, i el **període de retorn** de **10 anys**.

Per tant s'ha arribat a la **conclusió** que em la utilització del **sistema de recuperació de la calor de les aigües residuals del clavegueram i utilització una caldera de biomassa s'aconsegueix cobrir totes les necessitats energètiques de la instal·lació obtenint beneficis tant econòmics com mediambientals** respecte a les instal·lacions convencionals.

11. AGRAÏMENTS

En aquest voldria de l'estudi voldria expressar primer el meu agraïment el doctor Francesc Xavier Llauro Fabregas per haver acceptat la direcció del meu projecte i haver-ne fet el seguiment del mateix.

També voldria agrair a tota la meva família i amics per sempre donar-me ànims i en especials els meus pares (Pere i Maria) i la meva germana Anna per tenir tanta paciència amb mi.

12. BIBLIOGRAFIA

1. CENTRE DE INNOVACIÓ TECNOLÒGICA CREVER DE LA UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI DE TARRAGONA, Y LA ASOCIACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DIAGNOSIS DE LA ENERGÍA (AEDIE). **La bomba de Calor y las Energías Renovables**. Publicaciones Técnicas IDAE. Madrid. 2001.
2. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. **Document Técnico de la Bomba de Calor**. Publicaciones Técnicas IDAE. Madrid. 1998.
3. MINISTERI D'INDÚSTRIA, ENERGIA I TURISME. **Documento Básico HE Ahorro de energía**(<http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B83B66E3-0BA0-4270-BEF5-84A07A4C77F8/95714/14.pdf>, març i abril de 2012).
4. MINISTERI D'INDÚSTRIA, ENERGIA I TURISME. **Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios**. (http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/1RD1027_07.pdf, febrer, març, maig i juny de 2012).
5. MITJÀ I SARVISÉ ALBERT. **Estalvi d'energia en instal·lacions esportives**. Publicacions de la Generalitat de Catalunya. Barcelona. 1989.
6. AGUSTÍN MAILLO. **Climatización de piscinas cubiertas**. (http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf, març i abril de 2012).
7. MINISTERI DE VIVIENDA I IDAE. Programa **LIDER** per la verificació de l'exigència de Limitació de Demanda Energetica establida en el Document Bàsic de la Habilitat y Energía del Código Técnico de la Edificación.
8. ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN (ATECYR) PARA EL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). **Guía técnica de**

- agua caliente sanitaria central.**
(<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/ACS.pdf>, juny de 2012).
9. ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN (ATECYR) PARA EL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). **Instalaciones de climatización por agua.**
(http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion_18_Inst_Climatizacion_por_agua_04.pdf, maig i juny de 2012).
10. REDSIDUAL. **Sistema Therm-Liner de aprovechamiento de la energía calorífica de las aguas residuales.**
(http://www.redsidual.com/pdf/Informe_Therm_Liner_Mayo_2010.pdf, maig i juny de 2012).
11. PILLER SABINE I LITZKA VERA. **Potenzialstudie zur Abwasserabwärmenutzung in Bremerhaven.** Bremerhaven. 2004.
12. ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN (ATECYR) PARA EL INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). **Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica.** (<http://publireportajes.lavanguardia.es/idae/pdf/Guia-Tecnica-IDAE.Diseno-de-sistemas-de-bomba-de-calor-geotermica.pdf>, maig i juny de 2012).
13. CARLOS PISTONESI, JOSÉ LUIS HAURE, ROBERTO D'ELMAR. **Energía a partir de las aguas residuales.**
(http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_aguas_residuales/energia_aguas_residuales.pdf, abril de 2012).
14. MARGARIT, J., VILALTA, L., ESCOBAR, M. **Els graus-dia de calefacció i refrigeració de Catalunya. Resultats a nivell municipal.** Barcelona. 2003.
(<http://www20.gencat.cat/docs/icaen/Migracio%20automatica/Documents/Activitats%20i%20dades%20energetiques/Arxiu/monografic14.pdf>, juny de 2012).

15. OSKAR WANNER. **Wärmetauscherverschmutzung: Auswirkungen und Gegenmassnahmen.**
(http://library.eawag-empa.ch/schriftenreihe/schriftenreihe_19.pdf, abril i juny de 2012).
16. LUTZ ROMETSCH. **Wärmegewinnung aus Abwasserkanäken.**
Gelsenkirchen. 2004.
17. SUISSEENERGIE. **Heizen und Kühlen mit Abwasser Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden.**
(http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01064/01130/index.html?lang=de&dossier_id=01693, abril i juny de 2012).
18. DIMPLEX. **Manual de dimensionamiento para bombas de calor.**
(<http://www.dimplex.de/es/descargas/manuales-de-planificacion/bomba-de-calor/manual-de-dimensionamiento-para-bombas-de-calor.html>, juny de 2012).
19. CALOREX. **Swimming Pool Environment Control Systems.**
(http://www.calorex.com/pool-heating/documents/HRD_En2.pdf, juny de 2012).
20. SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. **Taules de Dades de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques.**
(http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Anuaris/Estacions%20meteorologiques/static_files/EMAtaules2011.pdf, Abril de 2012)
21. HERZ. **Sistema innovador y eficiente para el suministro de energía a edificios.** (http://www.tondoenergia.com/dwn/4_biomatic_BC_220-500.pdf, juny de 2012).
22. FERROLI. **Manual técnico: Fan-coils Top Fan.**
23. LIGNUS. **Ficha técnica del producto.** (<http://lignus.es/wp-content/uploads/Ficha-Tecnica-Lignus-Pellets-2011.pdf>, juny de 2012).
24. HEMMERA ENERGY INC. **Conceptual Design of Geo-Exchange and Sewer-Heat Exchange in Greater Vancouver.**

- (<http://vancouver.ca/fs/bid/bidopp/RFP/documents/PS05047rep.pdf>, abril i juny de 2012).
25. **Caracterización de las aguas residuales urbanas de uso domestico.** (<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc9629/doc9629-c.pdf>, febrer de 2012).
26. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. **Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua Año 2009.** (<http://www.ine.es/prensa/np659.pdf>, febrer de 2012).
27. MINISTERI DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. **Normativa sobre instal·lacions esportives i d'esbarjo (NIDE).** (http://www.csd.gob.es/csd/instalaciones/politicas-publicas-de-ordenacion/actuaciones-en-el-ambito-tecnico/1normasNIDE/04Nide3/nide-3-normas-reglamentarias-piscinas/p-rec_piscinas-de-recreo.pdf, març de 2012).
28. **Precio de hidrocarburos.** (<http://www.cores.es/pdf/behActual/beh7.pdf>, juny de 2012).
29. IBERDOLA. **Tarifas y Precios de Electricidad.** (<https://www.iberdrola.es/webibd/corporativa/iberdrola?IDPAG=ESWEBCLIHO GASEINFLEGELE>, juny de 2012).
30. MARTÍNEZ, R. **Guía para seleccionar intercambiadores de calor.** (<http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/06/rcm.pdf>, maig de 2012).
31. SEDICAL, S.A. Programa del conjunt de programes de **SEDICAL**.
32. SOLVAY CHEMICALS. Windows calculation program for thermophysical properties: **Solkane 7.3.** Software.

13. GLOSSARI

| | |
|-------------|--|
| ACS | Aigua calenta sanitàària |
| ARU | Aigües residuals urbanes |
| A_{WT} | Superfície de l'intercanviador de calor |
| BCE | Banc Central Europeu |
| C_0 | Coefficient d'orientació del mur |
| C_a | Calor específic de l'aire |
| C_{diari} | Consum diari d'ACS |
| C_e | Coefficient de dilatació del fluid |
| C_{H_2O} | Calor específic de l'aigua |
| C_p | Coefficient de pressió del vas d'expansió |
| CTE | Codi Tècnic de l'Edificació |
| COP | Coefficient d'eficiència energètica |
| C_v | Calor de vaporització de l'aigua |
| DN | Diàmetre nominal |
| e | Rugositat absoluta del material |
| E | Est |
| EDAR | Estació depuradora d'aigües residuals |
| f | Factor d'obstrucció addicional |
| F_i | Coefficient d'infiltració dels diferents tipus t'enclotxa |
| G_a | Grau de saturació |
| GD | Graus-dia |
| h | Coefficient superficial de transmissió de calor |
| IDEA | Institut per la Diversificació i Estalvi d'Energia |
| k | Coefficient de transmissió de la calor del tancament |
| L_l | Longitud de l'esclotxa |
| m_{ag} | Aigua continguda en l'aire per hora |
| M_e | Massa d'aigua evaporada |
| m_h | Cabal màssic en el costat calent del bescanviador |
| m_c | Cabal màssic en el costat fred del bescanviador |
| n | Nombre de nedadors per m^2 de superfície de làmina d'aigua |
| N_t | Nombre total d'ocupants |
| N | Nord |
| NIDE | Normativa de Instal·lacions Esportives i d'Esbarjo |
| ng | Graus-dia de calefacció per un període determinat |
| O | Oest |
| P | Potència de la màquina |
| PCI | Poder calorífic inferior |
| P_{EL} | Potència de l'accionament elèctric |
| P_m | Pressió mínima |
| P_M | Pressió màxima |
| PR | Període de retorn |
| Q | Cabal del fluid en el conducte |

| | |
|---------------------|---|
| Q_{ACS} | Potència necessària per la producció d'ACS |
| Q_{bes} | Potència d'intercanvi del bescanviador de calor |
| Q_c | Pèrdues per convecció de calor entre l'aigua i l'aire |
| $Q_{caannexes}$ | Despesa per la calefacció de les sales annexes |
| $Q_{casalapisc}$ | Despesa de calefacció per l'aire de l'interior de la sala de la piscina |
| Q_e | Pèrdues per l'evaporació de l'aigua del vas |
| Q_F | Cabal d'aire d'infiltració |
| Q_i | Carga tèrmica per transmissió |
| Q_k | Pèrdues per transmissió de calor de l'aigua del vas |
| Q_{pr} | Potència per la posada en marxa del vas de la piscina |
| Q_r | Pèrdues per la radiació de calor per diferència de temperatura |
| Q_{re} | Pèrdues per renovació de l'aigua del vas |
| Q_{ren} | Cabal d'aigua de renovació del vas |
| $Q_{renovació}$ | Cabal d'aire higiènic de renovació |
| Q_{sf} | Pèrdues per infiltració de l'aire |
| Q_{ven} | Pèrdues de ventilació de l'aire de l'edifici |
| Q_{total} | Despesa total de la instal·lació |
| Q_{tvas} | Pèrdues totals del vas de la piscina |
| R | Radi mitjà del colze del conducte |
| R i H | Coefficients característics |
| $R1$ i $R2$ | Radies de les guies dels colzes |
| RD | Real decret |
| Rh | Radi exterior del colze del conducte |
| $RITE$ | Reglament Tècnic de Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis |
| Rt | Radi interior del colze del conducte |
| S | Sud |
| s | Secció del conducte |
| S_{ap} | Superfície dels tancaments del vas de la piscina |
| S_{pis} | Superfície de la piscina |
| T_a | Temperatura de l'aire ambient interior |
| t_{acm} | Temps de preparació de l'ACS |
| T_{c1} i T_{c2} | Temperatures del costat fred del bescanviador |
| T_d | Temperatura a que s'ha escalfar l'ACS |
| T_e | Temperatura de l'aire ambient exterior |
| T_{ex} | Temperatura exterior al tancament |
| T_{h1} i T_{h2} | Temperatures del costat calent del bescanviador |
| T_{H2O} | Temperatura de l'aigua del vas de la piscina |
| t_{ine} | Temps entre arrancada tolerada per la màquina |
| TIR | Taxa interna de rendibilitat |
| t_{pm} | Temps de posada en marxa a règim estacionari el vas de la piscina |
| T_{RES} | Temperatura de les ARU abans d'entrar a EDAR |
| T_s | Temperatura superficial dels tancaments |
| T_X | Temperatura de l'aigua de xarxa |
| U | Conductivitat tèrmica del tancaments de la instal·lació |
| UA | Coefficient general de pèrdues de calor |

| | |
|-----------------|---|
| UNE | Una Norma Espanyola |
| V | Velocitat del fluid en el conducte |
| V_a | Cabal volumètric d'aire |
| V_{acm} | Volum d'aigua a escalfar per la producció d'ACS |
| VAN | Valor acutal net |
| V_f | Volum del fluid contingut en el circuit hidràulic |
| V_{ine} | Volum del dipòsit d'inèrcia |
| V_L | Velocitat final dels difusors d'aire |
| V_{pis} | Volum de la piscina |
| V_t | Volum total del vas d'expansió |
| W_A | Calor cedida de les ARU a l'intercanviador de calor |
| W_{as} | Humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aire interior |
| W_e | Humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua |
| W_H | Utilitat tèrmica |
| X | Humitat absoluta de l'aire interior |
| ΔP | Pèrdua de càrrega |
| ΔP_c | Pèrdua de càrrega en el costat fred del bescanviador |
| ΔP_h | Pèrdua de càrrega en el costat calent del bescanviador |
| ΔT_c | Salt tèrmic del costat fred del bescanviador |
| ΔT_h | Salt tèrmic del costat calent del bescanviador |
| ΔT_{WT} | Diferència de temperatura entre l'aigua residual i el medi circulant del circuit de l'intercanviador de calor del clavegueram |
| λ_{ref} | Conductivitat tèrmica de referència |
| ρ_a | Densitat de l'aire |
| ρ_{H_2O} | Densitat de l'aigua |
| ε | Emissivitat de la superfície |
| σ | Constant de Stefan-Boltzmann |