



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: Projecte de la instal·lació frigorífica de una indústria de càtering i obrador de pastisseria i gelateria.

Document: Document nº 1: Memòria

Alumne: Marc Icart Garcia

Director/Tutor: Martí Comamala Laguna

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Setembre/2013



1-MEMÒRIA

1-	INTRODUCCIÓ.....	4
1.1-	ANTECEDENTS	4
1.2-	OBJECTE.....	4
1.3-	ABAST I ESPECIFICACIONS	4
2-	DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA DELS LOCALS A CLIMATITZAR.....	6
2.1	DESCRIPCIÓ DE L'ÚS DE CADA DEPENDÈNCIA	6
2.1.1.	SALES DE TREBALL A 12°C	6
2.1.2.	CAMBRES DE CONSERVACIÓ A 0/+4°C	8
2.1.3.	CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS A -20/-22°C	9
2.1.4.	TÚNELS DE CONGELACIÓ O ABATIDORS DE TEMPERATURA A -35 °C.....	10
3-	HORARIS D'UTILITZACIÓ I FUNCIONAMENT.....	13
4-	DESCRIPCIÓ DELS TANCAMENTS	14
4.1	TIPUS DE TANCAMENTS	14
5-	CONDICIONS EXTERIORS DE CàLCUL	19
5.1-	COEFICIENT PER ORIENTACIONS.....	20
5.3-	COEFICIENT D'INTERMITÈNCIA	20
6-	CONDICIONS INTERIORS DE CàLCUL.....	21
7-	MÈTODE DE CàLCUL DE LES CàRREGUES TÈRMIQUES.....	22
7.1	PÈRDUES I GUANYS PER RADIACIÓ SOLAR.....	22
7.2	PÈRDUES I GUANYS PER TRANSMISSIÓ.....	22
7.3	PÈRDUES PER INFILTRACIONS D'AIRE	23
7.4	PÈRDUES PER REFREDAMENT DE PRODUCTE	23
7.6	PÈRDUES PER VENTILADORS DELS EVAPORADORS.....	24
7.7	CALOR PROVOCAT PER LA OCUPACIÓ	24
7.8	CALOR PROVOCAT PER FONTS D'ENERGIA EXTERNES.....	25
7.9	RESUM DE LES CàRREGUES TÈRMIQUES OBTINGUDES.....	26
8-	DESCRIPCIÓ DELS SISTEMES DE CLIMATITZACIÓ	29
8.1-	DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA UTILITZAT	29
8.2-	SISTEMA DE REFRIGERACIÓ INDIRECTA R-134A + MPEG 20%.....	30
9-	XARXA DE CANONADES.....	32
9.1-	XARXA DE CANONADES HIDRÀULIQUES	32



9.1.1-	PARÀMETRES PER AL CàLCUL DE LA XARXA DE CANONADES HIDRÀULIQUES.....	32
9.1.2.-	XARXA DE CANONADES.....	33
9.1.3.-	CANONADES D'ALIMENTACIÓ	37
9.1.4.-	CANONADES DE BUIDAT	38
9.1.5.-	AÏLLAMENT DE LES CANONADES.....	39
9.2-	XARXA DE CANONADES FRIGORÍFIQUES.....	39
9.2.1-	PARÀMETRES PER AL CàLCUL DE LA XARXA DE CANONADES FRIGORÍFIQUES	39
9.2.2.-	XARXA DE CANONADES.....	42
9.2.3.-	AÏLLAMENT DE LES CANONADES.....	44
10-	XARXA DE CONDUCTES	45
10.1-	MÈTODE DE CàLCUL DE LA XARXA DE CONDUCTES	45
11-	CENTRALS DE PRODUCCIÓ FRIGORÍFICA.....	48
11.1-	CENTRAL MULTIASPIRACIÓ R-134A SALES DE TREBALL + CÀMBRES DE CONSERVACIÓ	48
11.2-	CENTRAL MULTIASPIRACIÓ R-404A CÀMBRES MANTENIMENT CONGELATS + TÚNELS DE CONGELATS.....	49
11.3-	CARACTERÍSTIQUES CONSTRUCTIVES.....	49
12-	CONDENSADORS D'AIRE	53
13-	ESTACIONS DE LÍQUID REFRIGERANT	55
14-	UNITATS TERMINALS	57
14.1-	EVAPORADORS CÀMBRES FRIGORÍFIQUES.....	57
15-	BESCANVIADORS DE PLAQUES	62
15.1-	BESCANVIADOR SALES DE TREBALL MPEG 20%.....	62
15.2-	BESCANVIADORS PER A LA RECUPERACIÓ DE CALOR PER CLIMATITZACIÓ O A.C.S.....	63
16-	SISTEMA HIDRÀULIC	65
16.1-	CIRCUIT PRIMARI.....	65
16.1.1	Bomba de circulació primària	65
16.1.2	Vas d'expansió MPEG.....	66
16.1.3	Dipòsit d'inèrcia	67
16.2-	CIRCUIT SECUNDARI.....	68
16.2.1	Col·lectors de impulsió i retorn	68
16.2.2	Bomba de circulació circuit sales de treball +12°C	68
16.3	VÀLVULES DE SEGURETAT	70
16.4	ELEMENTS DE LECTURA.....	70
17-	SISTEMES DE CONTROL	71



17.1 CONTROL CENTRALS DE PRODUCCIÓ FRIGORÍFICA/CONDENSADORS	71
17.3 CONTROL BOMBES HIDRÀULIQUES	74
18- SEGURETATS INSTAL·LACIÓ FRIGORÍFICA	75
18.1 DETECTORS DE FUGUES	75
18.2 ALARMA HOME TANCAT EN CAMBRES DE CONSERVACIÓ	75
18.3 REQUISITS SEGURETATS SALA MÀQUINES.....	76
18.4 VENTILACIÓ SALA DE MÀQUINES.....	76
19- CÀLCUL DEL CONSUM ENERGÈTIC	77
19.1. RELACIÓ DE POTÈNCIES ELÈCTRIQUES.....	77
19.2. CÀLCUL DEL CONSUM ENERGÈTIC	78
19.3. CONSUM I COST TOTAL.....	81
20- IMPACTE MEDI AMBIENTAL	82
20.1. CENTRALS FRIGORÍFIQUES	82
20.1.1. Càlcul del TEWI i del GWP	82
21- MESURES ESTALVI ENERGÈTIC.....	84
21.1. VARIADOR DE FREQUÈNCIA EN EL PRIMER COMPRESSOR.....	84
21.2. VENTILADORS EC DELS CONDENSADORS D'AIRE	84
21.3. SISTEMA DE CONDENSACIÓ FLOTANT	85
21.4. BESCOANVIADORS DE PLAQUES PER A LA RECUPERACIÓ DE CALOR.....	85
22- COMPLIMENT DE LA NORMATIVA.....	86
23- RESUM DEL PRESSUPOST	88
24- CONCLUSIONS.....	89
25- RELACIÓ DE DOCUMENTS	90
26- BIBLIOGRAFIA	91



1- INTRODUCCIÓ

1.1- ANTECEDENTS

Una indústria de restauració dedicada a la producció d'aliments i realització de banquets destinats al sector terciari, decideix construir una nova cuina central de producció dins el seu complex industrial situat a Navarra.

1.2- OBJECTE

A sol·licitud d'aquesta empresa es procedirà a elaborar un projecte, l'objecte del qual és dissenyar i definir les instal·lacions de refrigeració, i tractament d'aire de les cambres frigorífiques i sales de treball, per tal d'obtenir i garantir les condicions tèrmiques i higièniques necessàries.

1.3- ABAST I ESPECIFICACIONS

El projecte disposa de 4 sectors ben diferenciats a refrigerar i climatitzar:

1. **Sales de treball:** Zones refrigerades a 12°C per a la producció d'aliments.
2. **Cambres de Conservació:** Zones d'emmagatzematge de productes a temperatura entre 0 i 4°C
3. **Cambres de manteniment de producte congelat:** Zones d'emmagatzematge de producte congelat a temperatura entre -20 i -22°C.
4. **Túnels de Congelació:** Zones d'abatiment de temperatura de producte. Temperatura interior de -35°C per a congelar producte.

Aquestes quatre zones hauran de complir les exigències marcades per els següents reglaments:

- Reglament per a Plantes i Instal·lacions Frigorífiques publicat en el BOE 138/2011



El següent projecte de disseny i desenvolupament dels sistemes de refrigeració i tractament d'aire en una indústria alimentària , inclourà els càlculs, justificacions i especificacions necessàries per tal de complir la normativa vigent en l'àmbit que li és d'aplicació. Això implicarà la realització detallada dels corresponents annexes, planells i pressupostos.



2- DESCRIPCIÓ ARQUITECTÒNICA DELS LOCALS A CLIMATITZAR

La nova planta de producció del complex industrial disposa de 2 plantes les quals el lay-out de totes les sales ja esta definit i que té en compte la circulació del producte per les mateixes plantes.

La primera planta és íntegrament zona de producció, exceptuant els vestuaris i la zona d'accés a la industria. A la segona planta s'hi troba en gran part zones de producció, unes oficines i la sala de màquines que serà el recinte on s'ubicaran tots els equips de producció.

2.1 DESCRIPCIÓ DE L'ÚS DE CADA DEPENDÈNCIA

La descripció de l'ús de les diferents dependències de cada zona en aquesta industria alimentàries realitza en funció del tipus de procés productiu, el producte elaborat, la temperatura de treball i el recorregut dels productes

El lay-out de la industria ja esta prescrit i per tant no és tractarà en aquest projecte, però si la temperatura de cada dependència, per tant la descripció es realitzarà en funció de la temperatura ambient de les dependències.

2.1.1. SALES DE TREBALL A 12°C

Es tracta de sales d'elaboració i manipulació d'aliments. Es tracta de sales amb ocupació permanent durant tota la jornada laboral i en les quals es concentra tota la maquinària de producció necessària.

Aquestes sales es mantindran a 12°C i la distribució d'aire ha de ser de manera que no generi corrents d'aire i augmenti el confort del personal.

Les sales de treball consten de les següents zones:

1. **Maquinaria Heladeria "6"**: Local que conté tota la maquinària de producció de gelats i a on es produeix a matèria primera abans de passar a la preparació de gelats i pastissos.



2. **Preparación Helados "4"**: zona de producció de tots els productes relacionats amb la gelateria.
3. **Envasado y Etiquetado "5"**: Zona de envasat i etiquetat dels productes realitzats tant en la part de gelateria, xocolates, salats, zones freda i calenta.
4. **Preparación Salado "8"**: Zona de preparació dels aperitius salats.
5. **Preparación Chocolates "11"**: Zona de preparació de productes relacionats amb les xocolates.
6. **Preparación Caliente "12"**: Zona de preparació de plats calents.
7. **Preparación Fria "13"**: Zona de preparació de plats freds.
8. **Preparación Dulce "14"**: Zona de preparació de productes dolços.
9. **Cámara Chocolate "19"**: Cambra de conservació de les xocolates. En aquesta cambra es mantindrà una temperatura de +18°C. En aquest cas anirà penjada de la mateixa línia de sales.
10. **Envasado al vacío "44"**: Zona d'envasat dels productes procedents dels túnels de congelació.
11. **Envasado al vacío "36"**: Zona d'envasat dels productes procedents de la zona d'elaboració de cuarto fred.
12. **Cuarto Frio "25"**: Zona d'elaboració dels plats preparats procedents de la cuina.
13. **Autoclaves**: Maquinària que necessita de refredament de la camisa interna d'aigua freda.
14. **Sala Preparación Pescados "60"**: Zona de neteja i preparació dels productes de peix un cop recepcionats abans de prosseguir amb els processos de cocció i elaboració.
15. **Sala Preparación Verduras "63"**: Zona de neteja i preparació dels productes vegetals un cop recepcionats abans de prosseguir amb els processos de cocció i elaboració.
16. **Sala Preparación Carnes "64"**: Zona de neteja i preparació dels productes carnis un cop recepcionats abans de prosseguir amb els processos de cocció i elaboració.



2.1.2. CAMBRES DE CONSERVACIÓ A 0/+4°C

Recintes per a emmagatzematge de producte fresc entre 0 i 4°C durant un temps determinat de producte. El producte entra a la cambra a temperatura de sala de treball a 12°C i es conserva a temperatura entre 0-4°C durant el temps necessari en funció del seu destí. La seva ocupació es puntual i mínimament necessària per a transportar i controlar el producte.

Les cambres de conservació de les quals consten les instal·lacions son les següents:

17. **Cámara de Heladeria "26"**:Cambra de conservació dels productes de gelateria.
18. **Cámara de Embutidos "23"**:Cambra de conservació dels productes de xarcuteria. Important
19. **Cámara de Frutas "22"**:Cambra de conservació de les fruites.
20. **Cámara +3°C "20"**:Cambra de conservació polivalent per a que el client pugui escollir el producte a conservar.
21. **Cámara ProductoRefrigerado "30"**:Cambra de conservació dels productes finalitzats i a punt per a la seva expedició.
22. **Cámara Refrigeración 1 "34"**:Cambra de conservació dels productes finalitzats i a punt per a la seva expedició.
23. **Cámara Refrigeración2 "35"**:Cambra de conservació dels productes finalitzats i a punt per a la seva expedició
24. **Cámara Basuras "169"**:Cambra dedicada a la refrigeració de les brosses per a evitar la formació de bacteris i olors, especialment durant l'estiu.
25. **Cámara Espera Cocina "47"**:Cambra de conservació dels productes que estan a la espera de coures a la cuina.
26. **Cámara Espera Fria 1 "24"**:Cambra de conservació dels productes que estan a la espera de preparar-se en la sala d'elaboració nº12.
27. **Cámara Espera Fria2 "25"**:Cambra de conservació dels productes que estan a la espera de preparar-se en la sala d'elaboració nº12.
28. **Cámara Espera Carnes "51"**:Cambra de conservació dels productes carnis que estan a la espera de ser elaborats.
29. **Cámara Espera Verduras "52"**:Cambra de conservació dels productes hortícoles que estan a la espera de ser elaborats.



30. **Cámara Espera Pescados “53”**: Cambra de conservació dels productes derivats del peix que estan a la espera de ser elaborats.
31. **Cámara Lácteos “54”**: Cambra de conservació dels productes làctics.
32. **Cámara Descongelación “59”**: Cambra a temperatura de +0°C utilitzada per a descongelar els productes procedents de les cambres de congelats abans de ser cuinats, per tal de que el producte mantingui totes les seves propietats físiques i alimentàries.
33. **Cámara Matéria Prima Carnes “65”**: Cambra de conservació de les matèries primes càrnies.
34. **Cámara Matéria Prima Verduras “62”**: Cambra de conservació de les matèries primes hortícoles.
35. **Cámara Matéria Prima Pescados “61”**: Cambra de conservació de les matèries primes derivades del peix.

2.1.3. CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS A -20/-22°C

Recintes d'emmagatzematge del producte congelat a una temperatura entre -20 i -22°C. En aquestes cambres el producte entra a una temperatura aproximada de -15°C directament de proveïdor o dels túnels de congelats de la instal·lació. Al igual que les cambres de conservació la seva ocupació es puntual i mínimament necessària per a transportar i controlar el producte.

Les cambres de manteniment de congelats les quals consten les instal·lacions son les següents:

36. **Cámara -20 “21”**: Cambra de manteniment de congelats dels productes elaborats en la planta primera.
37. **Cámara Congelado 1 “33”**: Cambra de manteniment de congelats dels productes finalitzats i a punt per a la seva expedició.
38. **Cámara Congelado 2 “32”**: Cambra de manteniment de congelats dels productes finalitzats i a punt per a la seva expedició.
39. **Cámara espera mixta “68”**: Cambra d'espera de productes congelats que estan llestos per entrar a cuina.
40. **Cámara de materia prima congelada “60”**: Cambra de emmagatzematge i recepció de productes congelats provinents dels distribuïdors.



2.1.4. TÚNELS DE CONGELACIÓ O ABATIDORS DE TEMPERATURA A -35 °C

Cambres dedicades al refredament ultra-ràpid de temperatura dels productes. En aquests recintes es realitzaran dos tipus d'abatiments de temperatura, el de conservació i els de congelació.

En l'abatiment de conservació el producte entra a temperatura de 70-80°C i s'ha de refredar a 0° C en un temps inferior a 90 minuts. En el cas de congelació, la temperatura d'entrada de producte es la mateixa però la temperatura final és de -20°C i el temps d'abatiment ha de ser inferior a 270 minuts.

En aquests recintes és molt important la distribució del producte i la circulació de l'aire fred. És per això que la distribució se sol fer en carros amb safates a on es col·loca el producte amb una separació mínima i suficient per a que l'aire circuli entre elles. La circulació d'aire ha de ser abundant i uniforme per tal de que la refrigeració del producte sigui uniforme en tota la seva distribució.

41. **Túnel de abatimiento 1** :Cambra d'abatiment de temperatura ràpida. Es pot escollir entre abatiment de conservació o de congelació tal i com ses defineix anteriorment.
42. **Túnel de abatimiento 1** :Cambra d'abatiment de temperatura ràpida. Es pot escollir entre abatiment de conservació o de congelació tal i com ses defineix anteriorment.
43. **Túnel de abatimiento 3** :Cambra d'abatiment de temperatura ràpida. Es pot escollir entre abatiment de conservació o de congelació tal i com ses defineix anteriorment.
44. **Túnel de abatimiento 4** :Cambra d'abatiment de temperatura ràpida. Es pot escollir entre abatiment de conservació o de congelació tal i com ses defineix anteriorment.



En les següents taules es mostren les superfícies i els volums aclimatitzar:

SALES DE TREBALL A +12°C

Denominació	Descripció	Superfície (m ²)	Altura (m)	Volum (m ³)
1	Maquinaria Heladeria "6"	82.88	2.8	232.06
2	Preparación Helados "4"	118.8	2.8	332.64
3	Envasado y Etiquetado "5"	62.16	2.8	174.04
4	Preparación Salado "8"	88.2	2.8	246.96
5	Preparación Chocolates "11"	52.5	2.8	147
6	Preparación Caliente "12"	65.52	2.8	183.45
7	Preparación Fria "13"	65.52	2.8	183.45
8	Preparación Dulce "14"	168	2.8	470.4
9	Cámara Chocolate "19"	12	2.8	33.6
10	Envasado al vacío "44"	107	3.45	369.15
11	Envasado al vacío "36"	88.2	3.45	304.29
12	Cuarto Frio "25"	321.75	6.2	1994.85
13	Autoclave	--	--	--
14	Sala Preparación Pescados "60"	20.52	3.45	70.79
15	Sala Preparación Verduras "63"	21	3.45	72.45
16	Sala Preparación Carnes "64"	19.25	3.45	66.41

Taula 2.2.1 Superfícies i volums de les sales de treball a +12°C.

CAMBRES DE CONSERVACIÓ A 0/+4°C

Denominació	Descripció	Superfície (m ²)	Altura (m)	Volum (m ³)
17	Cámara Heladeria "26"	13.2	2.6	34.32
18	Cámara Embutidos "23"	4.8	2.6	12.48
19	Cámara Frutas "22"	4.8	2.6	12.48
20	Cámara +3°C "20"	21.73	2.6	56.49
21	Cámara Producto Refrigerado "30"	59.95	6.2	371.69
22	Cámara Refrigeración 1 "34"	32.85	4.2	137.97
23	Cámara Refrigeración 2 "35"	26.65	4.2	111.51
24	Cámara Basuras "169"	18.54	2.6	48.20
25	Cámara Espera Cocina "47"	6.9	3.45	23.80
26	Cámara Espera Fria 1 "24"	6.9	3.45	23.80
27	Cámara Espera Fria 2 "25"	6.9	3.45	23.80
28	Cámara Espera Carnes "51"	19.25	3.45	66.41
29	Cámara Espera Verduras "52"	21	3.45	72.45
30	Cámara Espera Pescados "53"	14.25	3.45	49.16
31	Cámara Lácteos "54"	13	3.45	44.85
32	Camara Descongelación "59"	12.6	3.45	43.47
33	Cámara Materia Prima Carnes "65"	15.18	3.45	52.37
34	Cámara Materia Prima Verduras "62"	27.39	3.45	94.49
35	Cámara Materia Prima Pescados "61"	11.88	3.45	40.98

Taula 2.2.2 Superfícies i volums de cambres de conservació a 0°C.

**CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS A -20/-22°C**

Denominació	Descripció	Superfície (m ²)	Altura (m)	Volum (m ³)
36	Cámara -20°C "21"	21	2.6	54.6
37	Cámara Congelado 1 "33"	61.04	6.2	378.44
38	Cámara Congelado 2 "32"	61.04	6.2	378.44
39	Cámara Espera Mixta "68"	16.66	3.45	57.47
40	Cámara Materia Prima Congelados "60"	42.78	3.45	147.59

Taula 2.2.3 Superfícies i volums de cambres de manteniment de congelats a -20/-22°C.

CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS A -20/-22°C

Denominació	Descripció	Superfície (m ²)	Altura (m)	Volum (m ³)
41	Túnel de congelats 1	3	3.45	10.35
42	Túnel de congelats 2	3	3.45	10.35
43	Túnel de congelats 3	3	3.45	10.35
44	Túnel de congelats 4	3	3.45	10.35

Taula 2.2.4 Superfícies i volums de túnels de congelats a -35°C.

Els paràmetres mostrats en les taules anteriors seran els utilitzats posteriorment per realitzar els càlculs de les necessitats tèrmiques.



3- HORARIS D'UTILITZACIÓ I FUNCIONAMENT

Les noves instal·lacions tindran un horari laboral de producció dividit en dues jornades laborals de 8 hores. La producció començarà a les 6 del matí i acabarà a les 10 del vespre.

Aquest horari afectarà a les sales de treball a +12°C, les quals es posaran en funcionament una hora abans per a començar a refrigerar la sala.

Pel que fa a les cambres de conservació i manteniment de congelats aquestes funcionaran 24 hores a dia durant els 365 dies de l'any. Només romandran parades en cas de que es realitzin feines de manteniment o degut a que el client ha decidit no utilitzar-la.

Si que es veritat que les cambres durant la nit funcionaran menys degut a que com que no es treballa, les obertures de porta i rotació de producte no estan presents.

Finalment els túnels de congelats o abatiment tindran un funcionament cíclic que no es regeix per cap horari i que anirà en funció de la demanda del client. Aquest carregarà els túnels de producte i en funció de si es un abatiment o una congelació durarà 90 o 270 minuts respectivament.



4- DESCRIPCIÓ DELS TANCAMENTS

4.1 TIPUS DE TANCAMENTS

L'edifici del següent projecte no es caracteritza per la seva eficiència energètica constructiva degut a que la carcassa de l'edifici es construí amb anterioritat respecte al projecte. En el nostre cas al tractar-se d'unes instal·lacions industrials, no s'ha de complir les exigències establertes en el Codi Tècnic de l'Edificació CTE-DB-HE.

➤ Tancaments verticals ambdues plantes

1. Façana formada per un bloc de formigó buit de 20 cm d'espessor amb una capa de guix a la cara interior de 1 cm i té un pes específic de 191Kg/m^2 .
2. Paret interior formada per un bloc d'aglomerat buit de 20 cm d'espessor amb dues capes de guix, una per cada cara, de 1 cm
3. Paret sales de treball formada de panell de construcció lleugera amb revestiment metàl·lic de 0,6mm a les dues cares i amb un material aïllant interior de espuma de poliuretà PIR (polis cianurat) expandit de 60 mm de gruix i una densitat de 40Kg/m^3 .
4. Paret cambres de conservació formada de panell de construcció lleugera amb revestiment metàl·lic de 0,6mm a les dues cares i amb un material aïllant interior de espuma de poliuretà PIR (polis cianurat) expandit de 100 mm de gruix i una densitat de 40Kg/m^3 . Té
5. Paret cambres de congelat i túnels d'abatiment formada de panell de construcció lleugera amb revestiment metàl·lic de 0,6mm a les dues cares i amb un material aïllant interior de espuma de poliuretà PIR (polis cianurat) expandit de 150 mm de gruix i una densitat de 40Kg/m^3 .
6. Finestres de doble vidre de 6mm de baixa emissió amb una cambra d'aire de 9mm. Muntada amb marcs metàl·lics i amb persianes venecianes interiors de color fosc.

➤ Tancaments horitzontals

7. Sostre forjat divisor de plantes format 3cm de morter , una capa de compressió de formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm,



una capa aïllant de 3cm i una capa de guix de 1,5cm. En les sales de treball a continuació hi ha una cambra d'aire de 60cm i panell de 60mm.

8. Sostre forjat divisori de plantes format 3cm de morter , una capa de compressió de formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm, una capa aïllant de 3cm i una capa de guix de 1,5cm. En les cambres de conservació a continuació hi ha una cambra d'aire de 60cm i panell de 100mm.
9. Sostre forjat divisori de plantes format 3cm de morter , una capa de compressió de formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm, una capa aïllant de 3cm i una capa de guix de 1,5cm. En cambres de manteniment de congelats i túnels d'abatiment ió a continuació hi ha una cambra d'aire de 60cm i panell de 150mm.
10. Els terres de les sales de treball estan formats sobre fonaments format per una capa de sorra de 15cm una capa de formigó armat de 20 cm , una capa de 5 cm de morter ciment i una capa de 3 cm de resines epòxid.
11. Els terres de les cambres de conservació estan formats sobre fonaments format per una capa de sorra de 15cm, una capa d'aïllament de poliuretà de 10cm, una capa de 10 cm de morter ciment i una capa de 3 cm de resines epòxid.
12. Els terres de les cambres de manteniment de congelats estan formats sobre fonaments format per una capa de sorra de 15cm , dues capes d'aïllament de poliuretà de 10cm, una capa de 10 cm de morter ciment i una capa de 3 cm de resines epòxid.
13. Els terres de planta primera de les sales de treball estan formats sobre el forjat divisori format 3cm de morter , una capa de compressió de formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm, una capa aïllant de 3cm en el qual s'hi afegeix en la seva part superficial una capa de 3cm de resines epòxid.
14. Els terres de planta primera de les cambres de conservació estan formats sobre el forjat divisori format 3cm de morter , una capa de compressió de formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm i s'hi afegeix en la seva part superficial una capa d'aïllament de poliuretà de 10cm, una capa de 10 cm de morter ciment i una capa de 3 cm de resines epòxid.
15. Els terres de planta primera de les cambres de conservació estan formats sobre el forjat divisori format 3cm de morter , una capa de compressió de



formigó de 3cm, revoltó de 16cm amb un entrebigat de 65cm i s'hi afegeix en la seva part superficial dues capes d'aïllament de poliuretà de 10cm, una capa de 10 cm de morter ciment i una capa de 3 cm de resines epòxid.

4.2 COEFICIENTS DE TRANSMISSIÓ TÈRMICA

Tot i que no s'ha de tenir en compte la normativa CTE-DB-HE, per a poder calcular els coeficients de transmissió tèrmica, s'han tingut en compte el valors de la mateixa norma.

El coeficient de transmissió K per a tancaments plano paral·lels s'obté a partir de la següent expressió:

$$R = \frac{1}{K} = \sum R_i + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (\text{eq 4.1})$$

$$R_i = \frac{e}{\lambda} \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (\text{eq 4.2})$$

On:

1/h_i: Resistència tèrmica superficial interior [m²·°C/W]

1/h_e : Resistència tèrmica superficial exterior [m²·°C/W]

R_i : Resistència tèrmica del tancament [m²·°C/W]

λ : Conductivitat tèrmica per cada material [W /m·°C]

e : gruix de cada material [m]

Per als tancaments verticals amb cambra d'aire dèbilment ventilada com seria el cas de vidre doble, i també el del sostre ja que és un fals sostre completament aïllat de la zona de producció i per tant no té ventilació, s'adopta la següent expressió:

$$R = \frac{1}{K} = R_i + R_c + R_e + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (\text{eq 4.3})$$

On:

R_i: Resistència tèrmica de la fulla interior del tancament [m²·°C/W]

R_e: Resistència tèrmica de la fulla exterior del tancament [m²·°C/W]

R_c: Resistència tèrmica de la cambra d'aire [m²·°C/W]



A continuació es defineixen els coeficients superficials de transmissió depenent de la situació del tancament i de la seva posició i sentit de flux. En el nostre cas es tracta de locals amb separació amb altres locals o cambres d'aire.

Exterior	[m²·°C/W]	Interior	[m²·°C/W]
1/he vertical	0.13	1/hi vertical	0.13
1/he horitzontal flux ascendent	0.11	1/hi horitzontal flux ascendent	0.11
1/he horitzontal flux descendent	0.20	1/hi horitzontal flux descendent	0.20

Taula 4.2 Resistències tèrmiques superficials

S'ha intentat aconseguir reduir al mínim els coeficients de transmissió de calor dels tancaments per tal de reduir les pèrdues de calor produïdes, utilitzant aïllants i materials adequats durant el procés constructiu de l'edifici.

A continuació detallarem els valors obtinguts de cada tancament i la superfície total ocupada de cadascun d'ells. Els valors inferiors a 1 es consideren valors òptims per a reduir les pèrdues energètiques.

Tancament	Coefficient K	
	[W/m²·°C]	[Kcal/h·m²·°C]
1-Façana	1,33	1,143
2- Paret interior	1,28	1,10
3- Pareds sales de treball	0,48	0,412
4-Pareds cambres conservació	0,30	0,258
5-Pareds cambres manteniment congelats	0,21	0,18
6-Finestres	2,42	2,08
7-Sostres sales treball	0,317	0,272
8-Sostres cambres conservació	0,234	0,20



Tancament	Coeficient K	
	[W/m ² ·°C]	[Kcal/h·m ² ·°C]
9-Sostres cambres manteniment congelats	0,17	0,146
10-Terres planta baixa sales de treball	1,18	1,014
11-Terres planta baixa cambres conservació	0,266	0,228
12-Terres planta baixa cambres congelats	0,147	0,126
13- Terres planta primera sales treball	0,68	0,584
14-Terres planta primera cambres conservació	0,263	0,226
15-Terres planta primera cambres congelats	0,14	0,12

Taula 4.3 Coeficients de transmissió dels diferents tancaments



5- CONDICIONS EXTERIORS DE CàLCUL

A continuació detallem els valors de les condicions exteriors de càlcul de la població de Cintruénigo (Navarra) en la qual es troba la propietat. S'han extret de la norma UNE 100001-85 (Condicions climàtiques de projecte), i respecte a les condicions exteriors de càlcul i els graus-dia acumulats, s'han extret de la base de dades de l'Institut Català d'Energia.

Dades de la població		
Latitud		42° 4' 48" N
Longitud		1° 48' 18" O
Altitud sobre el nivell del mar	[m]	391
Graus-dia anuals acumulats	[°C]	1553
Intensitat i direcció del vent predominant	[m/s]	8,33/Sud
Condicions hivern:		
Temperatura seca	[°C]	-8
Humitat relativa	[%]	90
Temperatura del terreny	[°C]	5
Nivell percentil	[%]	1
Condicions estiu:		
Temperatura seca	[°C]	32,1
Humitat relativa	[%]	60
Temperatura del terreny	[°C]	22
Nivell percentil	[%]	99
Variació diürna de temperatura	[°C]	8

Taula 5.1 Condicions exteriors de càlcul

El nivell percentil ens indica el percentatge d'hores de les estacions d'estiu (juny-juliol-agost-setembre) i hivern (la resta de mesos), per les quals la temperatura real, iguala o supera la temperatura fixada.

Al ser un projecte de refrigeració dedicat a la producció i conservació de productes alimentaris, l'edifici és considerat un edifici de màxima cobertura.



5.1- COEFICIENT PER ORIENTACIONS

Depenent de l'orientació de les superfícies exteriors de l'edifici, les pèrdues degudes als tancaments es multipliquen per un coeficient de majoració. A la taula 5.2 es mostren el valors de majoració.

Orientació	Nord	Est	Sud	Oest	Nord-Est	Nord-Oest	Sud-Est	Sud-Oest
Coeficient	1.25	1	1.1	1	1.1	1.1	1	1

Taula 5.2. Coeficients per orientacions

5.2- COEFICIENT DE SIMULTANEITAT

El coeficient de simultaneïtat és del 100%. Les instal·lacions s'han dimensionat per tal de complir les necessitats màximes de tots els locals en tot moment degut a que es tracta d'un edifici de màxima cobertura.

5.3- COEFICIENT D'INTERMITÈNCIA

Aquest coeficient s'aplica depenent les hores de funcionament diari de la instal·lació. Comporta un augment de potència dels equips de climatització complet. En el nostre cas es funciona contínuament les 24 hores del dia amb una reducció nocturna de potència. A la taula a continuació es detallen els diferents valors en funció de les hores de treball:

Funcionament	Coeficient (%)
4 a 6 h/dia	25
6 a 8 h/dia	20
8 a 12 h/dia	15
12 a 16 h/dia	12
16 a 18 h/dia	10
Continu	8

Taula 5.3 Coeficients d'intermitència

En aquest cas el coeficient a aplicar és d'un 8%, però al tractar-se d'una instal·lació de producció alimentària amb alt risc de producció, s'ha considerat un factor de un 15% d'augment de potència.



6- CONDICIONS INTERIORS DE CÀLCUL

Les condicions interiors de càlcul s'han establert segons els paràmetres facilitats per a la propietat i calculats segons els criteris de manteniment de productes alimentaris.

Sales de treball		
Temperatura seca	[°C]	12
Humitat relativa	[%]	70
Cambres de conservació		
Temperatura seca	[°C]	0/+2
Humitat relativa	[%]	70
Cambra de manteniment de congelats		
Tolerància temperatures	[°C]	-20/-22
Humitat relativa	[%]	60
Túnels de congelació o abatiment		
Temperatura seca	[°C]	-35
Humitat relativa	[%]	--

Taula 6.1 Condicions interiors de càlcul

Els nivells sonors màxims admissibles estan establerts en el RITE en l'apartat ITE-02.2.3.1. En el nostre cas hem agafat els valors referents a una indústria alimentaria.



7- MÈTODE DE CàLCUL DE LES CàRREGUES TÈRMIQUES

7.1 PÈRDUES I GUANYS PER RADIACIÓ SOLAR

A través de les superfícies de vidre s'hi contempla una certa irradiació solar que ens aporta pèrdues o guanys depenent del tipus de càrrega a calcular, calefacció o refrigeració. A continuació detallarem l'expressió per determinar aquestes pèrdues:

$$Q_{ra} = R_s \cdot S_r \cdot f \quad [W] \quad (\text{eq 7.1})$$

On:

Q_{ra} : Pèrdues de calor sensible de la superfície considerada. [W]

R_s : Radiació solar en funció del mes de l'any i l'hora solar. Corregida segons els paràmetres d'altitud i el tipus de tancament. [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

S_i : Superfície de radiació. [m^2]

f : factor d'atenuació.

EL valor de radiació solar s'extreu de la base de dades de l'Institut Català d'Energia amb un valor de $R_s = 1350 W/m^2$ però aquest valor és per superfícies horitzontals, és per això que es fa servir el factor d'atenuació.

7.2 PÈRDUES I GUANYS PER TRANSMISSIÓ

Les pèrdues o guanys de calor sensible per transmissió a través de les superfícies dels tancaments descrits anteriorment, es calculen per a cadascun d'ells, depenen del tipus de càrrega a calcular, mitjançant la següent expressió:

$$Q_i = K_i \cdot S_i + (T_a - T_e) \quad [W] \quad (\text{eq 7.2})$$

On:

Q_i : Pèrdues de la superfície considerada. [W]

K_i : Coeficients global de transmissió del tancament. [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

S_i : Superfície del tancament. [m^2]

T_a : Temperatura ambient del local. [$^\circ C$]

T_e : Temperatura exterior. [$^\circ C$]



Aquesta operació es realitza per a cadascun dels tancaments descrits en el projecte. Les pèrdues corresponents a cada tancament es multiplicaran per el factor d'orientació de la taula 5.2.

7.3 PÈRDUES PER INFILTRACIONS D'AIRE

En el nostre cas no les infiltracions son degudes a les obertures de portes i els passos a diferents sales. Aquesta aportació de calor ve donada per la següent expressió:

$$Q_i = V \cdot N \cdot h \quad [\text{W/dia}] \quad (\text{eq 7.3})$$

On:

Q_i : Calor sensible degut a les infiltracions. [W/dia]

V: Volum de la cambra [m3]

N: nº de renovacions de l'aire de la cambra al dia [m3]

h: diferència d'entalpia entre l'aire interior i l'exterior [W/m3]

7.4 PÈRDUES PER REFREDAMENT DE PRODUCTE

Es tracta de la calor a extreure l producte per a refredar-lo a dins la cambra tenint en compte que aquest sempre entra a una temperatura superior a l'ambient. Aquesta aportació de calor ve donada per la següent expressió:

$$Q_g = G \cdot C_g \cdot \Delta t \quad [\text{W/dia}] \quad (\text{eq 7.4})$$

On:

Q_g : Calor sensible degut al refredament de producte. [W/dia]

G: Entrada diària de producte al recinte [Kg/dia]

C_g : Calor específic del producte [W/Kg °C]

Δt : diferència de temperatura entre inici i final de refredament [°C]

7.5 CALOR SENSIBLE PER IL·LUMINACIÓ

La il·luminació d'un local produeix pèrdues en un sistema de refrigeració.

Per obtenir la càrrega produïda per la il·luminació utilitzem la següent expressió:



$$Q_{il} = f_i \cdot P \quad [W] \quad (\text{eq 7.5})$$

On:

Q_{il} : Calor sensible degut a la il·luminació. [W]

f_i : Factor de tipus d'il·luminació.

P: Potència elèctrica d'il·luminació [W]

El factor d'il·luminació depèn del tipus, si és incandescent adopta un factor $f=1$, en canvi si és fluorescent té un valor de $f=1,25$.

7.6 PÈRDUES PER VENTILADORS DELS EVAPORADORS

Es tracta de la calor compensar degut al funcionament dels ventiladors dels evaporadors de cada sala i cambra. Aquesta aportació de calor ve donada per la següent expressió:

$$Q_v = N_e \cdot N_v \cdot P_v \cdot h \cdot 632 \quad [W/\text{dia}] \quad (\text{eq 7.6})$$

On:

Q_v : Calor degut al funcionament dels ventiladors dels evaporadors. [W/dia]

N_e : Nombre d'evaporadors en el recinte.

N_v : Nombre de ventiladors de cada evaporador.

P_v : Potència dels motors dels ventiladors [CV]

h: hores de funcionament al dia dels evaporadors.

7.7 CALOR PROVOCAT PER LA OCUPACIÓ

La calor provocada per les persones depèn de l'activitat que realitzen i de la temperatura seca del local. En el següent projecte es defineix una activitat de treball lleuger en una fàbrica i es prenen 21 i 24 °C com a temperatures seques interiors d'hivern i estiu respectivament. A continuació es detallen els valors de calor produïda per el cos humà:



GRAU D'ACTIVITAT	Metabolisme mig d'una persona en W/h	Temperatura seca del local °C			
		24		21	
		W/h		W/h	
		Sensibles	Latents	Sensibles	Latents
Treball lleuger en una fàbrica	189	86	133	106	112

Taula 7.2 Calor provocada pels ocupants

La calor provocada per els ocupants es determina mitjançant les equacions:

$$Q_{so} = 1,163 \cdot N \cdot Q_s \text{ [W]} ; Q_{lo} = 1,163 \cdot N \cdot Q_l \text{ [W]} \quad (\text{eq 7.7}) (\text{eq 7.8})$$

On:

Q_{so} , Q_{lo} : Calor sensible i calor latent degut a la ocupació. [W]

N: nombre de persones.

Q_s , Q_l : Calor sensible i calor latent de cada ocupant. [W/h]

7.8 CALOR PROVOCAT PER FONTS D'ENERGIA EXTERNES

En el present projecte comptem amb varies sales que contenen fonts d'energia externa tals com motors elèctrics i en el cas de la zona de rentats, esterilitzadors de gran potència calorífica.

És per això que es tindran en compte els guanys de calor sensible i latent deguts als aparells segons els valors determinats en el "Manual del Aire Acondicionado" de Carrier.

A continuació s'adjunta una taula amb els diferents tipus de fonts d'energia externes existents en el projecte. S'han dividit segons la sala a on estan situades i el tipus.

Per al càlcul dels motors elèctrics, s'ha tingut en compte que el motor està a dins del local climatitzat i que l'aparell que impulsa també està a dins. Els motors només desprenen calor sensible.

Només es valoren els equips en les sales de treball ja que en les cambres de conservació, manteniment de congelats i túnels de congelats no són llocs de treball sedentaris.



SALA	APARELL	POT. ELÈCTRICA [W]	GUANYS [W]	
			Sensibles	Latents
Sales de Treball				
1	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
2	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
3	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
4	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
5	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
6	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
7	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
8	Motor elèctric	2.500	2.850	-----
9	Motor elèctric	3.500	4.530	-----
10	Motor elèctric	2.000	2.470	-----
11	Motor elèctric	2.000	2.470	-----
12	Motors elèctrics	2.500 + 2.000	5.480	-----
14	Motor elèctric	2.000	2.470	-----
15	Motor elèctric	1.500	1.850	-----
16	Motor elèctric	2.000	2.470	-----

Taula 7.3 Calor sensible i latent de les fonts d'energia externes

7.9 RESUM DE LES CÀRREGUES TÈRMIQUES OBTINGUDES

Mitjançant els paràmetres i les expressions descrites anteriorment s'han calculat amb un suport informàtic les càrregues tèrmiques de la instal·lació.

El suport informàtic emprat és el programa SCALTE 32 creat per la multinacional LUVATA fabricant de intercanviadors de calor ECO.

A continuació detallem les taules resum de les càrregues tèrmiques individuals de cada local, refrigeració i calefacció, i el caudal de ventilació. També es detallen els totals de cada zona.



SALES DE TREBALL +12°C

Denominació	Descripció	Càrrega Tèrmica Refrigeració [W]
1	Maquinaria Heladeria "6"	11.042
2	Preparació Helados "4"	15.482
3	Envasado y Etiquetado "5"	9.426
4	Preparación Salado "8"	12.572
5	Preparación Chocolates "11"	7.773
6	Preparación Caliente "12"	9.546
7	Preparación Fria "13"	9.546
8	Preparación Dulce "14"	20.110
9	Cámara Chocolate "19"	2.081
10	Envasado al vacío "44"	17.161
11	Envasado al vacío "36"	15.065
12	Cuarto Frio "25"	38.916
13	Autoclave	100.000
14	Sala Preparación Pescados "60"	4.734
15	Sala Preparación Verduras "63"	8.380
16	Sala Preparación Carnes "64"	4.871
TOTAL		286.705 W

Taula 7.8.1 Carregues Tèrmiques sales de treball +12°C.

CAMBRES DE CONSERVACIÓ 0/+2°

Denominació	Descripció	Càrrega Tèrmica Refrigeració [W]
17	Cámara Heladeria "26"	3.347
18	Cámara Embutidos "23"	1.760
19	Cámara Frutas "22"	1.919
20	Cámara +3°C "20"	4.534
21	Cámara Producto Refrigerado "30"	23.547
22	Cámara Refrigeración 1 "34"	8.521
23	Cámara Refrigeración 2 "35"	7.093
24	Cámara Basuras "169"	4.110
25	Cámara Espera Cocina "47"	2.225
26	Cámara Espera Fria 1 "24"	3.035
27	Cámara Espera Fria 2 "25"	3.035
28	Cámara Espera Carnes "51"	5.721
29	Cámara Espera Verduras "52"	5.485
30	Cámara Espera Pescados "53"	4.100
31	Cámara Lácteos "54"	4.084
32	Camara Descongelación "59"	4.783
33	Cámara Materia Prima Carnes "65"	4.685



34	Cámara Materia Prima Verduras "62"	6.468
35	Cámara Materia Prima Pescados "61"	4.440
TOTAL		102.892W

Taula 7.8.2 Càrregues tèrmiques cambres de conservació 0/+2°C.

CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS -20/-22°C

Denominació	Descripció	Càrrega Tèrmica Refrigeració [W]
36	Cámara -20°C "21"	3.554
37	Cámara Congelado 1 "33"	16.539
38	Cámara Congelado 2 "32"	16.539
39	Cámara Espera Mixta "68"	3.601
40	Cámara Materia Prima Congelados "60"	6.928
TOTAL		47.161W

Taula 7.8.3 Càrregues tèrmiques cambres de manteniment de congelats -20/-22°C

TÚNELS DE CONGELATS O ABATIMENT -35°C

Denominació	Descripció	Càrrega Tèrmica Refrigeració [W]
41	Túnel de congelat 1	7.018
42	Túnel de congelat 2	7.018
43	Túnel de congelat 3	7.018
44	Túnel de congelat 4	7.018
TOTAL		28.072W

Taula 7.8.4 Càrregues tèrmiques túnels de congelats -35°C

En l'Annex a la memòria s'adjunten els càlculs tèrmics de cada zona.



8- DESCRIPCIÓ DELS SISTEMES DE CLIMATITZACIÓ

8.1- DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA UTILITZAT

En aquest cas s'ha optat per dos sistemes de refrigeració en funció dels recintes a refrigerar. En el cas de les sales de treball s'ha escollit un sistema de refrigeració INDIRECTE mitjançant una central de refredament de fluids secundaris (propilenglicol) i en la resta de sistemes s'ha escollit la refrigeració DIRECTE mitjançant centrals de fred amb expansió directe.

Les sales de treball i les cambres FC de conservació funcionaran mitjançant refrigerant ecològic R-134A el qual redueix el consum aproximadament en un 17% respecte el convencional HFC R-404A. En el primer cas el refrigerant refredarà una salmorra de aigua i propilenglicol al 20% de concentració la qual enviarem als serveis a refrigerar. S'ha optat per aquest sistema per a reduir la càrrega de refrigerant i millorar el confort (millor control humitat vers la expansió directe que resseca l'ambient) de les sales de treball on hi haurà personal produint.

En el segon cas de les cambres de conservació, el refrigerant serà enviat directament als serveis. Per aquests dos règims s'instal·larà una central de fred multiaspiració de 7 compressors (4 per sales de treball i 3 per cambres de conservació)

Pel que fa a les cambres de manteniment de congelats i els túnels de congelació es treballarà amb gas refrigerant HFC R-407A, degut a que el refrigerant R-134A no permet assolir temperatures d'evaporació inferiors a -25°C , el qual serà enviat directament als serveis. Per aquests règims s'instal·larà una central de fred multiaspiració de 5 compressors (2 per cambres de manteniment de congelats i 3 per túnel de congelats)

A cada cambra es disposarà de un evaporador o aerorefrigerador el qual mitjançant una bateria frigorífica i un tren de ventilació dissiparà el fred al aire i refrigerarem els diferents recintes.

Per tal de poder reduir el consum energètic del sistema es dotaran les centrals multiaspiració amb sistemes de condensació flotant, variadors de freqüència en compressors, ventiladors del condensador electrònics i recuperadors de calor, els quals s'explicaran més detalladament en el capítol 20.



8.2- SISTEMA DE REFRIGERACIÓ INDIRECTA R-134A + MPEG 20%

Aquest sistema s'utilitzarà per refrigerar les sales de treball. La producció frigorífica es realitzarà mitjançant 4 compressors de 40CV connectats en central els quals donaran fred a un intercanviador de plaques que ens refrigerarà el fluid refrigerant d'aigua i propilenglicol al 20%.

El gas refrigerant es comprimeix en els compressors i surt en estat gasos direcció al condensador. EL condensador és una bateria que mitjançant un tren de ventilació és l'encarregat de condensar els gasos de descarrega i passar-los de estat gasos a estat líquid mantenint la pressió. La calor es dissipa a l'aire exterior. Un cop líquid el gas, aquest es enviat al recipient de líquid i d'allà cap a al bescanviador de plaques. El gas en estat líquid passa per la vàlvula d'expansió i expansiona el líquid a alta pressió en líquid a baixa pressió per a refredar-lo fins a la temperatura d'evaporació, aquest entra en el bescanviador i transmet el fred al fluid refrigerant (MPEG20%) causant la evaporació del gas refrigerant. Aquest és aspirat per el compressor per a tornar a començar el cicle.

La bateria de compressors en central permet ajustar el funcionament dels compressors en funció de la demanda instantània de fred, fent funcionar des de 1 fins a 4 compressors alternativament. Pel que fa als ventiladors del condensador també funcionen per etapes en funció del nombre de compressors en funcionament.

Per a la distribució del fluid refrigerant (MPEG20%) fins els serveis, es realitzarà un circuit primari amb una bomba doble (principal+reserva) que enviarà el fluid fins a un dipòsit d'inèrcia. D'aquest es realitzarà un circuit secundari amb un altre grup de bombeig doble (principal+reserva) que enviarà el fluid des de el dipòsit fins als aerorefrigeradors ubicats en les cambres a refrigerar i el retornarà a dipòsit. Els aerorefrigeradors mitjançant la bateria freda i el tren de ventilació distribueixen l'aire fred per tota la cambra uniformement.

Els dipòsits d'inèrcia es col·loquen per minimitzar les arrencades i parades dels compressors de fred, allargant la seva vida útil i augmentant la inèrcia del sistema.

També es col·locarà un vas d'expansió per absorbir els canvis de volum i evitar evaporacions d'aigua.



8.3- SISTEMES DE REFRIGERACIÓ DIRECTA R134A I R-404A

El sistema de refrigeració directe es s'utilitzarà per refrigerar les cambres de conservació, les cambres de manteniment de congelats i els túnels de congelats. Per al primer règim s'instal·larà una central de fred e 3 compressors de 40CV amb refrigerant R-134A, el qual té millor eficiència energètica per a temperatures d'evaporació de -10°C .

Per als altres dos règims utilitzarem na central de 2 compressors de 25CV per a les cambres de manteniment de congelats i una altra de 3 compressors de 15CV per als túnels de congelats. S'utilitza R-404 perquè el R-134A no permet treballar amb temperatures d'evaporació per sota de -25°C .

Al igual que en l'altre sistema, el gas refrigerant es comprimeix en els compressors i surt en estat gasos direcció al condensador. Aquest és l'encarregat de condensar els gasos de descarrega i passar-los de estat gasos a estat líquid mantenint la pressió. Un cop líquid el gas, aquest es enviat al recipient de líquid i d'allà cap a als evaporadors de les cambres. El gas en estat líquid passa per la vàlvula d'expansió i expansiona el líquid a alta pressió en líquid a baixa pressió per a refredar-lo fins a la temperatura d'evaporació, aquest entra en el l'evaporador i mitjançant la bateria freda i el tren de ventilació transmet el fred a l'aire de la cambra, refredant l'aire uniformement i causant l'evaporació del gas refrigerant. Aquest és aspirat per el compressor per a tornar a començar el cicle.

La bateria de compressors en central permet ajustar el funcionament dels compressors en funció de la demanda instantània de fred, fent funcionar des de 1 fins a 4 compressors alternativament. Pel que fa als ventiladors del condensador també funcionen per etapes en funció del nombre de compressors en funcionament.

Les centrals multicompressores fan per disminuir el risc catastròfic de la instal·lació. En cas de que fallés una compressor es podria seguir treballant amb els altres i podríem seguir refrigerant les cambres fins a arreglar l'avaria.



9- XARXA DE CANONADES

Per a determinar el diàmetre d'una canonada d'un cert material on hi circula un cert fluid es calcula a partir de la metodologia de mecànica de fluids, vàlida sempre.

Seguidament detallem tots els paràmetres determinants per a poder realitzar el càlcul de la xarxa de canonades

9.1- XARXA DE CANONADES HIDRÀULIQUES

9.1.1- PARÀMETRES PER AL CàLCUL DE LA XARXA DE CANONADES HIDRÀULIQUES

9.1.1.1- Pèrdues de càrrega de les canonades ΔP

Un fluid que circula per una canonada, sofreix unes pèrdues de càrrega degudes a la viscositat del fluid que provoca un fregament entre fluid i canonada.

Existeixen 2 tipus de pèrdues de càrrega, les pèrdues de càrrega primàries causades per les canonades i les pèrdues de càrrega secundàries, causades per els accessoris instal·lats (colzes, vàlvules, accessoris).

Per a poder comptabilitzar aquestes pèrdues primàries, s'empra la següent expressió de Darcy-Weisbach:

$$H_{rp} = \lambda \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad [\text{m.c.a}] \quad (\text{eq 9.1.})$$

On:

H_{rp} : Pèrdues de càrrega totals. [m.c.a]

λ : Coeficient de pèrdua de càrrega

L : Longitud de la canonada [m]

v^2 : velocitat del fluid [m/s]

D : Diàmetre de la canonada [m]

g : acceleració de la gravetat [m/s²]

Per calcular el coeficient de pèrdua de càrrega utilitzem l'expressió de Colebrook descrita a continuació:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{K}{3,71D} \cdot \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{eq 9.2.})$$



On:

λ : Coeficient de pèrdua de càrrega

K : Rugositat relativa de la canonada [mm]

D : Diàmetre de la canonada [m]

Re : Nombre de Reynolds

Per al càlcul de les pèrdues de càrrega secundàries, creades per els accessoris instal·lats, utilitzarem el mètode de la longitud equivalent, per al qual s'estableix una longitud equivalent de tram recte en funció del tipus d'accessori i del seu diàmetre de connexió de canonada.

Les pèrdues de càrrega primàries de cada tram sumades a les pèrdues de càrrega secundàries, ens donarà la pressió a vèncer per la bomba circuladora.

9.1.1.2- Velocitats en les canonades

Per a velocitats superiors a 2m/s, el soroll produït per les vibracions és molest i pot provocar problemes en la instal·lació, i per velocitats superiors a 1.3m/s es produeixen cavitacions en els accessoris, es per això que es recomanen les següents velocitats de disseny:

Velocitats recomanades:		
Canonades principals	[m/s]	0,9 – 1.3
Canonades secundàries		0,5 – 0,9
Connexions a aparells		0,2 – 0,5

Taula 9.1.Velocitats recomanades

9.1.2.- XARXA DE CANONADES

Les canonades que s'utilitzaran, seran d'acer negre sense soldadura segons DIN-2440. Tota la canonada estarà aïllada amb el tipus d'aïllament i segons els espessors anomenats en el punt 9.6, tal com indica el "RITE" Reglament de Instal·lacions Tèrmiques en Edificis.

Els circuits d'aigua freda es realitzaran amb canonada d'acer negre estirat sense soldadura segons norma UNE 19.052, amb accessoris roscats del mateix material per a diàmetres nominals igual o inferior a DN50 i embridats per a diàmetres igual o superior a DN65.



Les canonades hauran d'estar degudament aïllades tèrmicament en tots els recorreguts, per aconseguir que els fluids caloportadors arribin a les unitats terminals de tractament d'aire amb temperatures properes a les de sortida de l'equip de producció. D'altra banda han de complir amb les condicions de seguretat per evitar contactes accidentals amb possibles superfícies.

Les canonades d'aigua freda i calenta, en el seu recorregut per l'interior de l'edifici, s'aïllaran exteriorment mitjançant camisa aïllant sintètica d'escuma elastomèrica de conductivitat tèrmica menor de 0,04 W/m² i de gruix adequat segons ITE 02.10. Hauran d'acomplir les exigències establertes en l'Apèndix 03.1 del Reglament d'Instal·lacions tèrmiques en els Edificis. La unió longitudinal, així com la unió entre trams es segellarà amb cinta elastomèrica autoadhesiva de 50 mm d'amplada. Els accessoris com vàlvules i elements de regulació així com els equips de bombatge seran aïllats amb el mateix material.

En els circuits on es creïn punts alts degut al traçat (finals de muntants, connexions a unitats terminals, etc.), s'instal·laran purgadors automàtics que eliminin l'aire que allí s'acumuli. Els purgadors han de ser accessibles i la sortida de la mescla aire-aigua ha de conduir-se al baixant pluvial més proper, llevat quan estiguin instal·lats sobre unitats terminals o equips situats en la planta badalot o en zones exteriors, de forma que la descàrrega sigui visible. Sobre la línia de purga s'instal·larà una vàlvula de tall manual, preferentment de tipus bola o d'esfera de diàmetre mínim DN1.

En la sala de màquines els purgadors seran de tipus manual, amb vàlvula de tall d'esfera o bola com a element d'actuació. La seva descàrrega ha de conduir-se a un col·lector comú, de tipus obert, en el que es situaran les vàlvules de purga, en lloc visible i accessible.

Per absorbir les dilatacions lineals que sofreixen les canonades metàl·liques a l'escalfar-se o refredar-se i en el pas per les juntes de dilatació de l'edifici, s'ha previst la instal·lació de dilatadors d'acer inoxidable amb tub guia interior per a connexió amb brides.

Els maniguets passamurs s'hauran de col·locar en l'obra del ram del paleta o d'elements estructurals quan aquestes s'estiguin executant. L'espai comprès entre el manigueta i la canonada ha d'emplenar-se amb massilla plàstica, que segelli totalment el pas i permeti la lliure dilatació de la conducció. En alguns casos, pot ser necessari que el material de rebliment sigui impermeable al pas de vapor d'aigua. Els maniguets han d'acabar-se a ras de l'element d'obra, llevat quan passin a través de forjats, en aquest cas han de sobresortir uns 2 cm per la part superior.



Els maniguets es construiran amb un material adequat i amb unes dimensions suficients per a que pugui passar amb franquícia la canonada amb el seu aïllament tèrmic. La franquícia no serà superior a 3 cm. Quan el maniguet travessi un element al que se li exigeixi una determinada resistència al foc, la solució constructiva del conjunt ha de mantenir, com a mínim, la mateixa resistència.

En els punts més baixos de cada circuit hidràulic s'incorporaran aixetes de buidatge amb descàrrega conduïda al desguàs més proper de forma que en algun punt d'aquesta descàrrega sigui visible el pas de l'aigua. En els col·lectors de retorn dels diferents circuits hidràulics s'incorporaran connexions de servei d'aigua per a l'emplenat inicial i posteriors càrregues. Aquestes connexions de servei estaran compostes per vàlvula de tall, filtre col·lador, comptador de cabal, equip desconnectador i vàlvula de tall.

El sistema estarà dotat d'una línia paral·lela de seguretat i d'emplenat manual formada per vàlvules de tall i vàlvula antiretorn. Les funcions de l'equip desconnectador seran en primer lloc impedir que, en cas de manca de pressió en la xarxa pública, l'aigua del circuit pugui retrocedir i, per tant, contaminar l'aigua de xarxa, i en segon lloc permetre l'emplenat automàtic del circuit en cas de pèrdues sense necessitat de realitzar l'operació mitjançant operaris de manteniment.

De forma general les canonades es situaran en llocs que permetin l'accessibilitat al llarg de tot el seu recorregut per facilitar la seva inspecció, especialment en els seus trams principals, i dels seus accessoris, vàlvules i instruments de regulació i mesura.

Les canonades s'instal·laran de forma ordenada, disposant-les, sempre que sigui possible, paral·lelament a tres eixos perpendiculars entre si i paral·lels als elements estructurals de l'edifici, llevat dels pendents oportuns que han de donar-se als elements horitzontals.

La col·locació de les xarxes de distribució del fluid caloportador es farà sempre de manera que s'eviti la formació de bosses d'aire. En els trams horitzontals les canonades tindran un pendent ascendent cap al purgador més proper i preferentment, en el sentit de circulació del fluid. El valor del pendent serà igual al 0,2% com a mínim, ja sigui amb la instal·lació freda com amb la instal·lació calenta.

Per al número i disposició dels suports de les diferents canonades es seguiran les prescripcions marcades per les normes UNE corresponents al tipus de canonada emprada. En particular, per



a canonades d'acer i coure, es seguiran les prescripcions marcades per la norma UNE 100.152 "Climatització.Suports de canonades".

Les connexions dels equips i els aparells a les canonades es realitzaran de tal forma que entre la canonada i l'equip o aparell no es transmeti cap esforç, degut al pes propi i a les vibracions. Les connexions han de ser fàcilment desmuntables a fi de facilitar l'accés a l'equip en cas de reparació o substitució.

Els elements accessoris de l'equip, com vàlvules de tall i de regulació, instruments de mesura i control, maniguets amortidors de vibració, filtres, etc., hauran d'instal·lar-se abans de la part desmuntable de la connexió, cap a la xarxa de distribució.

Cada unitat de tractament d'aire disposarà de vàlvules de tall i vàlvules de regulació de cabal. Mitjançant les vàlvules de tall es facilitaran les tasques demanteniment i de reposició d'equips sense afectar a altres àrees confrontants. Mitjançant les vàlvules de regulació de cabal s'ajustarà el fluid aportat a cada unitat de tractament i d'aquesta manera s'equilibraran els distints bucles.

Un cop acabada la instal·lació de les canonades, aquestes es senyalitzaran amb cinta adhesiva de colors i fletxes disposades sobre la seva superfície exterior o del seu aïllament tèrmic, d'acord amb el que s'indica en la norma UNE 100100, en trams de 2 a 3 metres de separació i coincidint sempre en els punts de registre, tocant a vàlvules o elements de regulació. Altament s'utilitzaran fletxes adhesives per assenyalar els sentits dels fluxos dintre les canonades.

Al finalitzar els treballs de muntatge s'haurà de netejar perfectament de qualsevol brutícia totes les xarxes de distribució d'aigua deixant-les en perfecte estat de funcionament.

El dimensionat i disposició de les canonades es realitzarà de forma que la diferència entre els valors extrems de la pressió diferencial en la connexió de servei dels diferents aparells alimentats per una mateixa bomba no sigui superior al 15% del valor mig dels mateixos. Les canonades s'han dimensionat pel mètode de la caiguda de pressió constant amb una limitació de la velocitat en els trams rectes d'acord amb la disposició d'aquests trams en relació amb les zones ocupades. Aquesta limitació s'imposa bàsicament per complir amb les condicions de soroll imposades, encara que també s'atén als efectes produïts per l'erosió.

Per al dimensionat s'ha utilitzat un mètode informàtic AIRPACK v2.0 desenvolupat per la Universitat Politècnica de Catalunya. La metodologia aplicada parteix de la divisió de la xarxa en



nusos que limiten trams de canonada amb cabals constants. En cada nus es produeix l'entrada o sortida de cabals d'acord amb el disseny general de la xarxa. A cadascun dels trams s'aplica la caiguda de pressió constant seleccionada, de manera que a partir del cabal circulant és possible determinar el diàmetre de la canonada i, mitjançant l'expressió de la longitud del tram, es determina la caiguda de pressió global en l'esmentat tram.

Les pèrdues de càrrega degudes a la presència d'equips o d'accessoris i singularitats es tenen en compte a través del valor de la caiguda de pressió coneguda a través de l'equip o mitjançant un coeficient d'increment aplicat a la caiguda total de les canonades rectes.

El dimensionament de les canonades es troba en l'Annex a la memòria.

El dimensionament dels col·lectors de impulsió i retorn es realitzarà tenint en compte una velocitat de 0,2m/s. Es dimensionen així per evitar turbulències en les aspiracions de les bombes i assegurar un bon funcionament.

Per absorbir les dilatacions lineals que sofreixen les canonades metàl·liques al escalfar-se o refredar-se, s'ha previst la instal·lació de dilatadors d'acer inoxidable amb tub guia interior per a connexió amb brides.

9.1.3.- CANONADES D'ALIMENTACIÓ

L'alimentació es realitzarà per mitjà d'un dispositiu que servirà per reposar, manual o automàticament les pèrdues d'aigua en el circuit d'aigua. El dispositiu haurà de ser capaç de crear una solució de continuïtat en el cas de caiguda de pressió a la xarxa d'alimentació.

Abans del dispositiu s'instal·larà una vàlvula de retenció, un comptador i un filtre.

Segons la taula 5 de la ITE.02.8.2 el diàmetre nominal de la canonada d'alimentació es determina en funció de la potència tèrmica de la instal·lació en la següent taula:



Potència tèrmica de la instal·lació [KW]	Diàmetre nominal mínim [mm]	
	Calor	Fred
$P \leq 50$	15	20
$50 \leq P \leq 150$	20	25
$150 \leq P \leq 500$	25	32
$500 \leq P$	32	40

Taula 9.2. Diàmetre de la canonada d'alimentació

En el nostre cas la potència tèrmica del sistema de refrigeració hidràulica de sales és de 300KW, per la qual li correspon una canonada d'alimentació de diàmetre 25 mm.

9.1.4.- CANONADES DE BUIDAT

Totes les xarxes tancades de distribució d'aigua han d'estar dissenyades de tal forma que puguin buidar-se total o parcialment.

El buidatge total de la instal·lació es realitzarà des del punt més baix, quan aquest sigui accessible, a través d'un element el qual el seu diàmetre es determina en la taula resum a continuació. Abans del dispositiu s'instal·larà una vàlvula de retenció, un comptador i un filtre.

Segons la taula 5 de la ITE.02.8.3 el diàmetre nominal de la canonada e buidatge es determina en funció de la potència tèrmica de la instal·lació:

Potència tèrmica de la instal·lació [KW]	Diàmetre nominal mínim [mm]	
	Calor	Fred
$P \leq 50$	20	25
$50 \leq P \leq 150$	25	32
$150 \leq P \leq 500$	32	40
$500 \leq P$	40	50

Taula 9.3. Diàmetre de la canonada de buidat

En el nostre cas la potència tèrmica del sistema de refrigeració hidràulica de sales és de 300KW, per la qual li correspon una canonada de buidat de diàmetre 32 mm.



9.1.5.- AÏLLAMENT DE LES CANONADES

Tal com indica l'Apèndix 03.1 del RITE, les canonades les quals la temperatura del fluid sigui inferior a la temperatura ambient i superior a 40°C, aniran degudament aïllades.

A la taula 9.4 es defineix els gruixos de l'aïllant per canonades interiors en funció del diàmetre i temperatura del fluid:

Fluid interior fred							
Diàmetre exterior [mm]				Temperatura del fluid [°C]			
				-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
	D	≤	35	40	30	20	20
35	<	D	≤ 60	50	40	30	20
60	<	D	≤ 90	50	40	30	30
90	<	D	≤ 140	60	50	40	30
140	<	D		60	50	40	30

Taula 9.4 Gruixos dels aïllaments en canonades interiors

Per a canonades situades a l'exterior, el gruix indicat en les taules anteriors s'incrementarà com a mínim en 20 mm per a canonades per a fluids freds.

9.2- XARXA DE CANONADES FRIGORÍFIQUES

9.2.1- PARÀMETRES PER AL CÀLCUL DE LA XARXA DE CANONADES FRIGORÍFIQUES

9.2.1.1- Pèrdues de càrrega de les canonades ΔP

Un fluid que circula per una canonada, sofreix unes pèrdues de càrrega degudes a la viscositat del fluid que provoca un fregament entre fluid i canonada.

Existeixen 2 tipus de pèrdues de càrrega, les pèrdues de càrrega primàries causades per les canonades i les pèrdues de càrrega secundàries, causades per els accessoris instal·lats (colzes, vàlvules, accessoris).

Per a poder comptabilitzar aquestes pèrdues primàries, s'empra la següent expressió de Darcy-Weisbach:



$$H_{rp} = \lambda \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad [\text{m.c.a}] \quad (\text{eq 9.3.})$$

On:

H_{rp} : Pèrdues de càrrega totals. [m.c.a]

λ : Coeficient de pèrdua de càrrega

L : Longitud de la canonada [m]

v^2 : velocitat del fluid [m/s]

D : Diàmetre de la canonada [m]

g : acceleració de la gravetat [m/s²]

Per calcular el coeficient de pèrdua de càrrega utilitzem l'expressió de Colebrook descrita a continuació:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{K}{3,71D} \cdot \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \cdot (\text{eq 9.4.})$$

On:

λ : Coeficient de pèrdua de càrrega

K : Rugositat relativa de la canonada [mm]

D : Diàmetre de la canonada [m]

Re : Nombre de Reynolds

Per al càlcul de les pèrdues de càrrega secundàries, creades per els accessoris instal·lats, utilitzarem el mètode de la longitud equivalent, per al qual s'estableix una longitud equivalent de tram recte en funció del tipus d'accessori i del seu diàmetre de connexió de canonada.

En l'Annex de la memòria adjuntem el càlcul del dimensionament de la xarxa de canonades i el càlcul de la pèrdua de càrrega dels accessoris. Les pèrdues de càrrega primàries de cada tram sumades a les pèrdues de càrrega secundàries, ens donarà la pressió a vèncer per els compressors frigorífics.



9.2.1.2- Velocitats en les canonades

Aquest factor és molt important en els sistemes de refrigeració directe. En tota instal·lació frigorífica l'aspecte més important és assegurar la lubricació dels compressors. En un sistema frigorífic existeix un separador d'oli, el qual és l'encarregat de que separar les partícules d'oli del gas refrigerant abans d'enviar aquest als serveis frigorífics. Tot i la instal·lació d'aquest element, sempre existeix una petita part (normalment un 3%) d'oli que és alliberat a les canonades. Aquest oli que s'escapa s'ha d'assegurar que un cop enviat a les canonades i serveis retorni a la central frigorífica. És per això que sempre s'ha de mantenir una velocitat mínima en les canonades d'aspiració (retorn) per a poder assegurar el retorn de l'oli a les instal·lacions.

Pel que fa a les línies de líquid les velocitats estan limitades per l'efecte flash-gas. Una velocitat molt alta accentua la pèrdua de càrrega que pot provocar la generació de bombolles de refrigerant en estat gasós, cosa que ens disminueix la quantitat de refrigerant líquid que passa per les vàlvules d'expansió i per tant ens disminueix la capacitat dels evaporadors.

Per a assegurar el retorn de l'oli tant en trams horitzontals, com més important els trams ascendents, s'ha de complir la següent expressió:

$$\rho w^2 > 126 \quad [Kg/ms^2] \quad (\text{eq 9.5.})$$

On:

ρ : densitat de vapor del refrigerant escollit [Kg/m³]

w: velocitat del pas de refrigerant [m/s]

Aquestes velocitats ja es troben establertes per a refrigerants frigorífics HFCles quals es detallen en la següent taula:

Velocitats recomanades:		
Canonades de descàrrega	[m/s]	8 - 13
Canonades de líquid		0,6 - 1,2
Canonades Aspiració		9 - 15

Taula 9.5. Velocitats recomanades



9.2.2.- XARXA DE CANONADES

Les canonades que s'utilitzaran, seran de coure en barra deshidratat fins a diàmetre normalitzat de DN89 que equival a 3-5/8" ANSI. A partir d'aquest diàmetre les canonades seran d'acer inoxidable AISI-304 deshidratat. Les unions entre acer inoxidable i coure es realitzaran amb varilla de coure amb un percentatge de plata superior al 35%.

Les línies d'aspiració tindran un pendent mínim del 3% per assegurar que en càrregues mínimes l'oli es dirigeix cap a la central frigorífica.

També en els punts on la línia d'aspiració hagi de superar algun desnivell vertical s'instal·laran sifons i contrasifons. Aquests emmagatzemen l'oli fins que un cop plens l'oli és empès a alta velocitat fins al punt més alt. En cas de que la diferència de nivell sigui superior a 6m s'instal·laran sifons i contrasifons cada 5 metres. També s'instal·laran en la connexió de cada evaporador.

Tota la canonada estarà aïllada amb el tipus d'aïllament i segons els espessors anomenats en el punt 9.1.5, tal com indica el "RITE" Reglament de Instal·lacions Tèrmiques en Edificis.

Les canonades hauran d'estar degudament aïllades tèrmicament en tots els recorreguts, per aconseguir que els reescalfaments i els subrefredaments siguin els òptims per assegurar un bon rendiment dels compressors i evaporadors.

La unió longitudinal, així com la unió entre trams es segellarà amb cinta elastomèrica Armaflex autoadhesiva de 50mm d'amplada. Els accessoris com vàlvules i elements de regulació, així com els equips de bombatge seran aïllats amb el mateix material.

En cada servei es deixaran uns punts de pressió per a poder comprovar-les en cas d'avaría o poder completar el nivell de gas en cas de fuga.

El dimensionat i disposició de les canonades es realitzarà de forma que la diferència entre els valors extrems de la pressió diferencial en la connexió dels evaporador si els respectius col·lectors estigui entre 1,1 i 1,7°C. La pressió dependrà del refrigerant (R-134A o R-404A) i del tipus de línia (aspiració o líquid).

Les canonades s'han dimensionat pel mètode de la caiguda de pressió constant amb una limitació de la velocitat en els trams rectes d'acord amb la disposició d'aquests trams en



relació amb les zones ocupades. Aquesta limitació s'imposa bàsicament per complir amb les condicions arrossegament de l'oli en aspiració i cop d'ariet en líquid.

Per al dimensionat s'ha utilitzat un suport informàtic DIR Calc 1.23 desenvolupat per el fabricant valvuleria, accessoris i compressors de gran prestigi mundial de la refrigeració Danfoss. La metodologia aplicada parteix de la divisió de la xarxa en nusos que limiten trams de canonada amb cabals constants. En cada nus es produeix l'entrada o sortida de cabals d'acord amb el disseny general de la xarxa.

A cadascun dels trams s'aplica la caiguda de pressió constant seleccionada, de manera que a partir del cabal circulant és possible determinar el diàmetre de la canonada i, mitjançant l'expressió de la longitud del tram, es determina la caiguda de pressió global en l'esmentat tram.

Les pèrdues de càrrega degudes a la presència d'equips o d'accessoris i singularitats es tenen en compte a través del valor de la caiguda de pressió coneguda a través de l'equip o mitjançant un coeficient d'increment aplicat a la caiguda total de les canonades rectes.

El dimensionament de les canonades es troba en l'Annex a la memòria.

Per absorbir les vibracions ocasionades per els compressors i evitar futures fugues s'instal·laran en les línies de líquid i aspiració a la seva sortida de la central uns antivibradors de línia capaços d'absorbir moviments longitudinals i transversals.

De forma general les canonades es situaran en llocs que permetin l'accessibilitat al llarg de tot el seu recorregut per facilitar la seva inspecció, especialment en els seus trams principals, i dels seus accessoris, vàlvules i instruments de regulació i mesura.

Les canonades s'instal·laran de forma ordenada, disposant-les sempre que sigui possible paral·lelament als elements estructurals de l'edifici, llevat els pendents oportuns que han de donar-se als elements horitzontals.

Per al nombre i disposició dels suports de les diferents canonades es seguiran les prescripcions marcades per les normes UNE corresponents al tipus de canonada emprada. En particular, per a canonades d'acer i coure es seguiran les prescripcions marcades per la norma UNE 100.152 "Climatització. Suportació de Canonades"



Al finalitzar els treballs de muntatge s’haurà de netejar perfectament de qualsevol brutícia totes les xarxes de distribució d’aigua deixant-les en perfecte estat de funcionament.

9.2.3.- AÏLLAMENT DE LES CANONADES

Tal com indica l’Apèndix 03.1 del RITE, les canonades les quals la temperatura del fluid sigui inferior a la temperatura ambient i superior a 40°C, aniran degudament aïllades.

A la taula 9.4 es defineix els gruixos de l’aïllant per canonades interiors en funció del diàmetre i temperatura del fluid

Fluid interior fred							
Diàmetre exterior [mm]				Temperatura del fluid [°C]			
				-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
	D	≤	35	40	30	20	20
35	<	D	≤ 60	50	40	30	20
60	<	D	≤ 90	50	40	30	30
90	<	D	≤ 140	60	50	40	30
140	<	D		60	50	40	30

Taula 9.4 Gruixos dels aïllaments en canonades interiors

Per a canonades situades a l’exterior, el gruix indicat en les taules anteriors s’incrementarà com a mínim en 20 mm per a canonades per a fluids freds.



10- XARXA DE CONDUCTES

10.1- MÈTODE DE CÀLCUL DE LA XARXA DE CONDUCTES

Per al càlcul de la xarxa de conductes s'utilitza el mètode de *reducció de velocitat*. Aquest sistema emprat tant en els conductes d'impulsió com els d'extracció.

Consisteix en triar la velocitat de descàrrega del ventilador i llavors dissenyar les velocitats del conducte principal i progressivament més baixes a cada tram. Per les velocitats i cabals ja coneguts es determinen les seccions de conducte.

Conegudes les unions i les dimensions dels conductes, es calcularan les pèrdues de càrrega originades per el sistema. El ventilador escollit haurà de fer front a aquestes pèrdues que seran les del tram més llarg.

Les pèrdues de càrrega originades per els accessoris les facilita el fabricant del producte.

L'expressió per al càlcul de les pèrdues de càrrega és la següent:

$$\Delta P = 4 \cdot e \cdot \frac{v^{1.82}}{D^{1.22}} \cdot L \quad [\text{mmca}] \text{ (eq 10.1)}$$

On:

e : rugositat absoluta del material

v : velocitat de l'aire dins del conducte [m/s]

D : diàmetre equivalent del conducte [m]

L : longitud del conducte [m]

Per al càlcul de la secció de la xarxa de conductes es fa servir la expressió següent:

$$Q = v \cdot A \quad [\text{mmca}] \text{ (eq 10.1)}$$

On:

A : secció del conducte en m²

v : velocitat de l'aire dins del conducte [m/s]



Les velocitats recomanades per als conductes de impulsió d'aire són de 5-6m/s en conductes de fibra de vidre i de 7-8m/s en conductes de xapa.

Al tractar-se de conductes de lona tèxtil microperforada el fabricant en funció de la llargada i la pèrdua de càrrega subministrada per el ventilador ha dissenyat les lones tèxtilsmircoperforades. Els ramals seran de diàmetre uniforme i al principi de cada ramal incorporen un regulador de caudal per a que a cada ramal hi circuli el mateix cabal.

10.2- XARXA DE CONDUCTES

En el cas en qüestió, al tractar-se de sales fredes de treball, s'ha escollit un sistema de difusió mitjançant lones tèxtils mircoperforades.

Aquestes lones garanteixen que el confort a dins les sales sigui màxim degut a que ens garanteixen una distribució uniforme de la refrigeració. També amb el dimensionament correcte de la mircoperforació, garanteix que la velocitat de l'aire a l'alçada de una persona sigui de 0,3m/s i per tant sigui inapreciable per una persona.

Aquestes lones aniran col·locades en la impulsió per realitzar una difusió correcte en tota la sala.

Per al que fa a la xarxa de retorn, al tractar-se de aire fred, el retorn es realitzarà per plènum directe des de l'evaporador col·locat al sostre. D'aquesta manera garantim que l'aire calent, que per densitat és a la part més alta de la cambra, sigui el primer en tractar-se i aconseguir així minimitzar l'estratificació i per tant aconseguir una refrigeració uniforme en tota la sala de treball.

Els conductes estaran formats per materials que tinguin la suficient resistència per suportar els esforços deguts al seu pes, als moviments de l'aire, als propis de la manipulació així com a les vibracions que puguin produir-se com a conseqüència del seu treball. Els conductes no podran contenir substàncies o materials solts, les superfícies internes seran llises i no contaminaran l'aire que circuli per elles en condicions de treball.

L'alineació dels conductes en les unions, els canvis de direcció o de secció i les derivacions es realitzaran amb els corresponents accessoris o peces especials normalitzades, centrant els



eixos de les canalitzacions amb els de les peces especials, conservant la forma de la secció transversal i sense forçar els conductes.

Els conductes flexibles que s'utilitzin per a la connexió de la xarxa a les unitats terminals, seran col·locats amb corbes, el radi de les quals sigui major al doble del diàmetre. S'exigirà que la longitud de cada connexió flexible no sigui major a 1,5m.

Per a realitzar les tasques de manteniment de les lones, aquestes incorporen un sistema de desmuntatge amb cremalleres, que permet en qualsevol moment retirar les lones per ser reparades o netejades. Per a una correcta neteja les lones hauran de ser netejades en rentadores industrials.

Al finalitzar els treballs de muntatge s'haurà de netejar perfectament de qualsevol brutícia totes les xarxes de distribució d'aire deixant-les en perfecte estat de funcionament.



11- CENTRALS DE PRODUCCIÓ FRIGORÍFICA

En el cas que ens ocupa s'instal·laran dues centrals de fred multiaspiració. Una per a sales de treball i cambres de conservació amb refrigerant R-134A i una altra per a cambres de manteniment de congelats i túnels de congelació amb R-404A.

11.1- CENTRAL MULTIASPIRACIÓ R-134A SALES DE TREBALL + CAMBRES DE CONSERVACIÓ

Per a la refrigeració de les sales de treball i cambres de conservació s'ha optat per una central multiaspiració amb refrigerant R-134A el qual es un refrigerant eficient per al règims de treball d'aquests dos sistemes.

La central haurà de vèncer les necessitats obtingudes en els càlculs de càrregues tèrmiques de 268.705W en les sales de treball i 102.892W en les cambres de conservació. En la taula 11.1 es mostren les característiques principals de cada circuit:

Característiques Tècniques de les Refredadores		
Circuit	Sales de Treball	Cambres Conservació
Marca compressors	BITZER	BITZER
Model compressors	6GE-40Y	6GE-30Y
Nº compressors	4	3
Règim de treball (T ^a evaporació/T ^a condensació)	+3/45°C	-11/45°C
Potència Frigorífica [KW]	285,2	114,9
Eficiència Energètica COP	3,63	2,50
Tensió d'alimentació [V-fases-Hz]	400-3-50	400-3-50
Consum nominal [KW]	78,8	46,02
Intensitat nominal [A]	159,6	84
Intensitat màxima [A]	270	112,8
Intensitat d'arrencada [A]	720	405
Potència Condensació [KW]	363,2	158,82
Tipus Compressors	SEMIHERMÈTICS PISTÓ	SEMIHERMÈTICS PISTÓ

Taula 11.1 Característiques Principals central multiaspiració positiva



11.2- CENTRAL MULTIASPIRACIÓ R-404A CAMBRES MANTENIMENT CONGELATS + TÚNELS DE CONGELATS

Per a la refrigeració de les cambres de manteniment de congelats i túnels de congelats s'ha optat per una central multiaspiració amb refrigerant R-404A el qual es un refrigerant ideal per al règims de treball a baixes temperatures d'aquests dos sistemes.

La central haurà de vèncer les necessitats obtingudes en els càlculs de càrregues tèrmiques de 47.161W en cambres de congelats i 28.072W en els túnels de congelats. En la taula 11.2 es mostren les característiques principals de cada circuit:

Característiques Tècniques de les Refredadores		
Circuit	Cambres de Congelats	Túnels de Congelats
Marca compressors	BITZER	BITZER
Model compressors	6H-25.2Y	4G-20.2Y
Nº compressors	2	3
Règim de treball (T ^a evaporació/T ^a condensació)	-30/45°C	-41/45°C
Potència Frigorífica [KW]	45,8	26,76
Eficiència Energètica COP	1,42	1,08
Tensió d'alimentació [V-fases-Hz]	400-3-50	400-3-50
Consum nominal [KW]	32,32	24,81
Intensitat nominal [A]	55,4	48,75
Intensitat màxima [A]	90	111
Intensitat d'arrencada [A]	386	474
Potència Condensació [KW]	77	50,85
Tipus Compressors	SEMIHERMÈTICS PISTÓ	SEMIHERMÈTICS PISTÓ

Taula 11.21 Característiques Principals central multiaspiraciónegativa

11.3- CARACTERÍSTIQUES CONSTRUCTIVES

Les centrals de fred són equips que no son estàndards, els quals es realitzats a mesura cada vegada en funció de la instal·lació en tallers especialitzats. A continuació es detallen els



components principals i les característiques constructives de les centrals esmentades en els punts 11.1 i 11.2:

- **Compressors:** La unitat disposa de 7 compressors, dividits en 2 circuits, de tipus semi hermètic de pistó. S'opta per aquests compressors en vers dels hermètics o SCROLL ja que en cas d'avaría aquests es poden reparar sense cap problema. El primer compressor de cada circuit integrarà variador de freqüència i la resta de compressors venen preparats de manera que es pugui parcialitzar el seu funcionament en funció de la demanda energètica. Aquest sistema regula la e funcionament dels compressors en funció del a demanda energètica real i permet reduir el nº d'arrencades i parades del sistema, i a més el seu funcionament va alternant fent així que tots els compressors treballin d'igual manera. D'aquesta manera es redueix el manteniment i s'augmenta considerablement la vida útil de tot el tren de compressors.
Cada compressor integra la resistència de càrter per tal de mantenir l'oli calent i evitar clavar el compressor. També integra en el seu interior una termistància per al control de temperatura dels rodaments i evitar un sobreescalfament del compressor i la seva avaría.
Addicionalment, a part de l'arrencada par-winding del motor elèctric, per reduir encara més el consum d'arrencada, cada compressor integrarà un by-pass d'arranc. En la parada dels compressors, la part entre la culata i la vàlvula de retenció queda plena de gas a alta pressió. El compressor en arrancar amb aquesta part carregada de gas augmenta el seu consum en l'arrencada. Per evitar això s'instal·la una vàlvula solenoide la qual descarrega la pressió d'alta al circuit de baixa durant un temps determinat i llavors torna a tancar. D'aquesta manera El compressor arranca de manera descarregada i consumeix menys.
- **Separador d'oli:** És l'encarregat de separar l'oli del gas refrigerant abans de enviar aquest cap a la instal·lació. És un element indispensable en les instal·lacions d'expansió directa seca. La seva funció es separar en la seva part inferior la major part d'oli que està miscible amb el gas refrigerant per enviar-lo al recipient d'oli.
- **Recipient d'oli:** Recipient acumulador d'oli per assegurar el subministrament continuat als compressors. En la seva part alta integra una vàlvula reguladora de pressió de 1,5bar connectada per l'altre extrem al col·lector d'aspiració.



Aquesta s'encarrega que la pressió del recipient d'oli sempre estigui 1,5 bars per sobre del càrter del compressor i per tant assegurar que l'oli entri als compressors.

- **Boies d'oli:** Cada compressor té la seva i és l'encarregada de mantenir sempre un nivell mínim d'oli en els compressors. El seu funcionament pot ser mecànic o electrònic. En aquest cas seran boies de tipus mecàniques.
- **Pressòstats diferencials d'oli:** Es tracta de una seguretat del compressor encarregada de mesurar constantment la pressió de l'oli del compressor mitjançant una bomba ja integrada en el propi compressor. Si el compressor es buida d'oli la pressió s'igualava i el pressòstat saltava parant el compressor i evitant la seva avaria.
- **Pressòstats d'alta i baixa pressió:** Són els encarregats de detectar qualsevol problema en el funcionament de la central en cas de fallada dels sistemes automàtics i també de controlar el funcionament de la central en mode manual. A continuació detallem els pressòstats instal·lats en les centrals de fred que es projecten:
 - Pressòstat d'alta pressió general: Encarregat de parar tota la central de fred en cas de que la pressió pugui per sobre de 1,5 vegades la pressió de treball i evitar que salti la vàlvula de seguretat.
 - Pressòstat de baixa pressió general: Encarregat de detectar si tot el sistema té una fuga de gas i evitar que els compressors treballin sense gas i per tant evitar la avaria. Tarda 1,5 vegades per sota la pressió de treball
 - Pressòstat d'alta i baixa pressió de seguretat per cada compressor: En cas de que la part interna de un compressor (plat de vàlvules, culates, pistons..) tinguin una avaria ens farien saltar aquests pressòstats i pararien el compressor en qüestió. Aquesta avaria no afectaria als altres compressors que seguiran treballant sense cap problema.
 - Pressòstat d'alta i baixa pressió per a canvi de funcionament automàtic a manual: Aquests pressòstats són els encarregats de que en cas de que la centralita electrònica falli passar de funcionament automàtic a manual, per pressòstats de control manual.



- Pressòstat d'alta i baixa pressió control manual: Són els encarregats de controlar la central en mode manual. Se n'instal·la un per compressor i un cada dos ventiladors del condensador i així controlar-ho per etapes.

- **Filtres d'aspiració:** Es col·locarà un filtre d'aspiració de malla metàl·lica a cada compressor. Aquests garanteixen que qualsevol partícula o ferritja no entrin al compressor i provoqui desperfectes en la seva mecànica interna.
- **Separador d'aspiració:** Es col·locarà només en les centrals de baixa temperatura. Es col·loquen en la línia general abans del col·lector d'aspiració i la seva funció es evitar l'arribada de refrigerant en estat líquid al compressor i evitar per tant un cop de líquid en el compressor el qual provocaria danys irreparables en pistons, bieles...
- **Gestió i control:** En el quadre elèctric de control de cada central es col·locarà una centraleta electrònica ELIWELL model 9900 EO que regularà el funcionament de compressors i ventiladors de cada central de forma parcialitzada i alternada aconseguint així la major eficiència del sistema i gestionant la vida de la instal·lació.



12- CONDENSADORS D'AIRE

Per a poder condensar el gas refrigerant un cop comprimit en els compressors s'instal·laran condensadors d'aire amb ventiladors helicoïdals i bateries planes. La seva funció és condensar el gas refrigerant d'estat gasós a estat líquid mantenint la pressió. Per això el gas refrigerant circula a través de una bateria per la qual mitjançant la circulació de l'aire ambient exterior més fred aconseguim la condensació.

Per a calcular el condensador s'ha de tenir en compte varis aspectes que ens condicionaran molt al l'elecció de l'equip:

1. Potència a condensar necessària. Aquesta ve determinada per el compressor i es la suma de la potència frigorífica i elèctrica de cada central de fred.
2. Temperatura exterior: Per al dimensionament del condensador s'ha d'agafar la temperatura més desfavorable per a la condensació, que equival a la màxima a l'estiu de la localització de la instal·lació.
3. Temperatura de condensació: És el règim escollit de condensació de la instal·lació. En zones nacionals la temperatura de condensació normal és de +45°C. En zones nòrdiques és de +35/ +40°C i en zones tropicals és de +50°C.
4. EL gas refrigerant escollit. En el nostre cas R-134A per al condensador de positiva i R-404A per al de negativa.
5. L'alçada respecte al nivell del mar de la instal·lació. És necessària per saber la diferència de pressió entre l'ambient i la de condensació, per assegurar una correcte condensació del gas refrigerant.
6. EL nivell sonor desitjat o imposat per les normatives municipals. EL nivell sonor ve condicionat per les revolucions dels ventiladors. Com menys nivell sonor, menys revolucions i per tant tenim menys cabal per ventilador. Això implica sobredimensionar la bateria condensadora.
7. L'espai disponible per a la ubicació del condensador per tal d'escollir el tipus de condensador. De condensadors en tenim de 3 tipus en funció de la posició de les bateries: horitzontals, verticals o en "V".

Per al projecte degut a que tenim espai suficient, s'han escollit condensadors amb bateria plana i ventiladors helicoïdals. Per a la selecció dels condensadors existeixen en el marcat varis softwares de fabricants de condensadors. EN aquest cas s'ha utilitzat el software del fabricant



HK REFRIGERATION reconegut mundialment i amb certificació EUROVENT de tots els seus equips.

En la taula següent detallem les característiques dels condensadors escollits per a la instal·lació:

Característiques Tècniques dels condensadors per aire		
Circuit	Positiu	Negatiu
Marca condensadors	HK REFRIGERATION	HK REFRIGERATION
Model condensador	SE EC P14 A4	SE EC L03 D2
Potència Condensar necessària[KW]	521,4	127,85
Pot. Condensar subministrada [KW]	534	132
Règim de treball (T^a exterior/T^a condensació)	+35/+45°C	+35/+45°C
dT [K]	10	10
Altitud [m]	391	391
Nº ventiladors / diàmetre [mm]	14 / 800	3 / 800
Caudal d'aire [m3/h]	243.008	63.257
Superfície bateria [m2]	2.355	505
Volum intern [dm3]	323	69,2
Potència Absorbida Màxima [W]	14 x 2.400	3 x 2.400
Intensitat Absorbida màxima [A]	14 x 3,8	3 x 3,8
Nivell sonor LP a 10m [dB(A)]	61	52
Dimensions llarg/ample/alt [m]	8.712/2.310/1.347	6.312/1.230/1.347
Pes en buit [Kg]	1.884	641

Taula 12.1 Característiques Principals Condensadors



13- ESTACIONS DE LÍQUID REFRIGERANT

Per a poder dotar a tot sistema de una inèrcia és necessari acumular el líquid caloportador en un dipòsit o recipient. En aquest cas es tracta de recipients de líquid a alta pressió.

Els recipients de líquid són els encarregats d'emmagatzemar el gas refrigerant en estat líquid un cop condensat en el condensador i acumular-lo per tal de poder donar resposta a una la demanda instantània. A més a més tenen la funció d'absorbir les variacions de volum líquid produïdes en el funcionament normal dels evaporadors.

Els recipients de líquid estan dimensionats per tal de que en funcionament normal a règim normal la meitat inferior sigui gas refrigerant líquid i la meitat superior sigui gas a alta pressió. També s'ha d'assegurar que la capacitat del recipient de líquid sigui 1,25 vegades més gran a la capacitat de l'evaporador més gran. Es realitza d'aquesta manera per a que en les aturades la central aquesta sigui capaç de recollir el gas refrigerant acumulat en l'evaporador.

En el cas el recipient de líquid de la central multiaspiració positiva és un TECNA model RL-500V. Té una capacitat de 473dm³ i segons el fabricant pot albergar fins a una potència frigorífica de 480 KW amb R-134a suficient per els 400KW de la instal·lació projectada.

El recipient de líquid de la central multiaspiració negativa és un TECNA model RL-200V. Té una capacitat de 206dm³ i segons el fabricant pot albergar fins a una potència frigorífica de 100KW amb R-404A suficient per els 72KW de la instal·lació projectada.

Els recipients vindran integrats amb visors varis visors òptics i un de electrònic KRIWAN INT-280L per a controlar el nivell de refrigerant tant de manera visual com amb una senyal elèctrica.

Els dos recipients, al superar la capacitat de 100 dm³ de capacitat, segons l'article 3.3.4.1 del BOE 138/2011 és necessari la instal·lació de doble vàlvula de seguretat amb cos doble.

Per al càlcul de la capacitat mínima de descàrrega requerida s'utilitzarà la expressió de l'article 3.3.4.2. del BOE 138/2011:

$$Q_m = \frac{\varphi \cdot A}{h_{vap}} \cdot 3600 \quad [\text{Kg/h}] \quad (\text{eq 13.1})$$

On:



Q_m : Capacitat mínima de descàrrega requerida per la vàlvula de seguretat
[Kg/h]

φ : Densitat de fluxe establert en 10 KW/m²

A : Superfície exterior del recipient de líquid [m²]

h_{vap} : calor latent específic del refrigerant calculat a una pressió 1,1 vegades la pressió de tarat del dispositiu. [KJ/Kg]

Les descarregues necessàries per a les nostres vàlvules de seguretat són de 670 Kg/h per a la central positiva i 436 Kg/h per a la central negativa.

EN el nostre cas respectarem les dimensions de sortida dels recipients de 1/2" i escollirem dues vàlvules de seguretat CASTEL model 3060/46C. Les vàlvules de la central positiva estaran tarades a 21,5 bar i descarreguen 2.300 Kg/h i les de la central negativa estaran tarades a 28bar i descarreguen 3.948Kg/h. En els dos casos superem la capacitat mínima calculada i per tant complim la normativa.

Per al càlcul de la línia de descàrrega a l'exterior de la vàlvula de seguretat es tindrà en compta la norma UNE-EN 13136

Cada estació de líquid vindrà equipada amb doble filtre de líquid refrigerant, visor de líquid i les claus de pas de sortida de líquid. Es realitzarà un col·lector de líquid amb 3 sortides disponibles de les quals se'n deixarà una de reserva per a possibles ampliacions o modificacions.



14- UNITATS TERMINALS

El sistema constarà de dos tipus de unitats terminals, els evaporadors i els aero refrigeradors. En els primers, el fluid calor portador es el gas refrigerant, mentre que en els segons serà MPEG 20%.

Tots seran de tipus ventilació forçada i el desglaç dependrà de la temperatura ambient, si aquesta és superior a +2°C el desglaç serà per aire i en cas contrari serà mitjançant resistències elèctriques.

14.1- EVAPORADORS CAMBRES FRIGORÍFIQUES

L'evaporador és l'encarregat d'actuar de bescanviador de calor entre el fluid refrigerant i el mitjà a refrigerar al qual es pretén extreure calor.

El refrigerant entra a l'evaporador en estat líquid a baixa pressió i amb conseqüència a baixa temperatura. Com el mitjà que l'envolta està a una temperatura superior, existeix una cessió de calor que prové de l'ambient, la qual serà absorbida per el fluid refrigerant per a poder dur a terme el canvi d'estat líquid a vapor.

El tir forçat mitjançant el flux d'aire provocat per els ventiladors permetrà assegurar una distribució de l'aire i obtenir la temperatura desitjada a l'interior de la cambra.

El tipus d'evaporador dependrà de la forma i distribució de la cambra així com el producte immers en ella. Els evaporadors poden ser de simple flux (de forma cúbica i plafó), de doble flux i centrífugs (per a poder anar amb conductes).

En el nostre sistema els evaporadors els utilitzarem per a refredar les cambres de conservació, les cambres de manteniment de congelats i els túnels d'abatiment.

Els evaporadors escollits són de la firma reconeguda HK REFRIGERATION i tots els seus models consten amb certificació EUROVENT per al que certifiquen totes les seves prestacions. En la taula següent es mostren els evaporadors escollits per a cada cambra i les seves característiques principals:



CAMBRES DE CONSERVACIÓ 0/+2°C

Nº	Local	Model	Potència Frigorífica [W]	Cabal d'aire [m3/h]	Superfície bateria [m2]	Pas aleta [mm]
17	Cámara Heladeria "26"	SD 055 L	3.700	3.410	12,1	6,35
18	Cámara Embutidos "23"	SD 024 R	1.910	1.530	6,3	4,23
19	Cámara Frutas "22"	SD 024 R	1.910	1.530	6,3	4,23
20	Cámara +3°C "20"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
21	Cámara ProductoRefrigerado "30"	SKB 19 R	23.700	11.400	86	4,23
22	Cámara Refrigeración 1 "34"	SD 118 R	8.200	4.090	39,8	4,23
23	Cámara Refrigeración 2 "35"	SD 104 R	7.000	3.200	39,8	4,23
24	Cámara Basuras "169"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
25	Cámara Espera Cocina "47"	SD 038 R	2.590	1.330	12,7	4,23
26	Cámara Espera Fria 1 "24"	SD 055 L	3.700	3.410	12,1	6,35
27	Cámara Espera Fria 2 "25"	SD 055 L	3.700	3.410	12,1	6,35
28	Cámara Espera Carnes "51"	SD 082 R	5.700	3.260	26,5	4,23
29	Cámara Espera Verduras "52"	SD 082 R	5.700	3.260	26,5	4,23
30	Cámara Espera Pescados "53"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
31	Cámara Lácteos "54"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
32	Camara Descongelación "59"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
33	Cámara Materia Prima Carnes "65"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23
34	Cámara Materia Prima Verduras "62"	SD 104 R	7.000	3.200	39,8	4,23
35	Cámara Materia Prima Pescados "61"	SD 062 R	4.600	2.990	17,5	4,23

Taula 14.1 Evaporadors de les cambres de conservació

CAMBRES DE MANTENIMENT DE CONGELATS -20/-22º

Nº	Local	Model	Potència Frigorífica [W]	Cabal d'aire [m3/h]	Superfície bateria [m2]	Pas aleta [mm]
36	Cámara -20°C "21"	SD 055 C	3.760	3.140	12,1	6,35
37	Cámara Congelado 1 "33"	SKB 15 C	18.200	12.450	60	6,35
38	Cámara Congelado 2 "32"	SKB 15 C	18.200	12.450	60	6,35
39	Cámara Espera Mixta "68"	SD 055 C	3.760	3.140	12,1	6,35
40	Cámara Materia Prima Congelados "60"	SD 110 C	6.880	4.390	27,5	6,35

Taula 14.2 Evaporadors de les cambres de manteniment de congelats



TÚNELS DE CONGELATS O ABATIMENT -35°C

Nº	Local	Model	Potència Frigorífica Subministrada [W]	Cabal d'aire [m3/h]	Superfície bateria [m2]	Pas aleta [mm]
41	Túnel de congelado 1	UEVABT202C	7.000	11.300	37,4	10
42	Túnel de congelado 2	UEVABT202C	7.000	11.300	37,4	10
43	Túnel de congelado 3	UEVABT202C	7.000	11.300	37,4	10
44	Túnel de congelado 4	UEVABT202C	7.000	11.300	37,4	10

Taula 14.2 Evaporadors de les cambres de manteniment de congelats

Per a la regulació de l'entrada de refrigerant es col·locarà per a cada evaporador els següents elements:

- **Vàlvules de tall:** La seva funció serà seccionar l'equip en cas d'avaría o fuga.
- **Visor de líquid:** Serveis per inspeccionar si la línia de líquid està correctament inundada i visualitzar la formació de flash-gas.
- **Filtre de líquid:** Secció de filtratge del líquid refrigerant per evitar obstruir la vàlvula solenoide o la vàlvula d'expansió.
- **Vàlvula solenoide:** És la encarregada de deixar passar o no el refrigerant en funció de la demanda de la cambra. El seu funcionament és tot o res.
- **Vàlvula d'expansió termostàtica + orifici:** La vàlvula d'expansió és la encarregada de reduir la pressió del líquid refrigerant i conseqüentment reduir la temperatura del mateix. Això s'aconsegueix mitjançant la expansió del gas refrigerant. Per aconseguir aquest efecte, el refrigerant en gran quantitat i a alta pressió passa per un orifici molt petit causat la diferència i reducció de pressió. La vàlvula d'expansió porta un bulb el qual es col·loca en la línia d'aspiració i en funció del rescalfament obra o tanca una membrana reguladora de la vàlvula.

14.2- AERO REFRIGERADORS SALES DE TREBALL

Els arorefrigeradors són unitats físicament com els evaporadors però amb la peculiaritat que en vers de que el fluid calor portador sigui refrigerant HFC és mono propilè glicol, actuant igual de bescanviador de calor entre el fluid refrigerant i el mitjà a refrigerar al qual es pretén extreure calor.



En aquest cas el fluid entra a l'evaporador a una temperatura més baixa que el mitjà que l'envolta. D'aquesta manera existeix una cèssió de calor que prové de l'ambient, la qual serà absorbida per el fluid refrigerant que ens causarà una reducció de la temperatura ambient i un augment de temperatura del fluid.

Els aero refrigeradors, al igual que els evaporadors, poden ser de simple flux (de forma cúbica i plafó), de doble flux i centrífugs (per a poder anar amb conductes).

Els aerorefrigeradors escollits també són de la firma reconeguda HK REFRIGERATION i tots els seus models consten amb certificació EUROVENT per al que certifiquen totes les seves prestacions. En la taula següent es mostren els equips escollits per a cada sala de treball i les seves característiques principals:

Per a la regulació de l'entrada de fluid refrigerant es col·locarà per a cada aerorefrigerador els següents elements:

- **Vàlvules de tall:** La seva funció serà seccionar l'equip en cas d'avaría o fuga.
- **Filtre de malla:** Secció de filtratge del líquid refrigerant per evitar obstruir la vàlvula de 3 vies proporcional.
- **Vàlvula 3 vies:** És la encarregada de deixar passar o no el fluid refrigerant per l'interior de la bateria en funció de la demanda de la cambra. El seu funcionament és proporcional.
- **Vàlvula reguladora de caudal Tour&Anderson:** Aquesta vàlvula es col·loca a la sortida de la bateria de la unitat. La seva funció és permetre que per la bateria hi passi el caudal exacte calculat. D'aquesta manera aconseguim una regulació de caudals en tota la instal·lació hidràulica assegurant que cada equip té el caudal necessari que li pertoca.



SALES DE TREBALL +12°C

Nº	Local	Model	Potència Frigorífica [W]	Cabal d'aire [m3/h]	Superfície bateria [m2]	Pas aleta [mm]
1	Maquinaria Heladeria "6"	GTI 367 8P	11.080	6.540	102	6,35
2	Preparación Helados "4"	GTI 467 8P	15.440	8.730	137	6,35
3	Envasado y Etiquetado "5"	GTI 347 8P	8.900	6.770	68	6,35
4	Preparación Salado "8"	NCP 3162-H2/WC-16V-27RGH	13.050	14.100	152,6	4
5	Preparación Chocolates "11"	GTI 347 8P	8.900	6.770	68	6,35
6	Preparación Caliente "12"	GTI 367 8P	11.080	6.540	102	6,35
7	Preparación Fria "13"	GTI 367 8P	11.080	6.540	102	6,35
8	Preparación Dulce "14"	NCP 3162-H2/WC-9V-27RGH	21.780	14.100	152,6	4
9	Cámara Chocolate "19"	TA 4L 8P	2.610	1.920	22,66	6,35
10	Envasado al vacío "44"	NCP 3162-H2/WC-9V-27RGH	21.780	14.100	152,6	4
11	Envasado al vacío "36"	NCP-2393-H2/WC-6V-27RGH	16.790	9.300	135,6	4
12	Cuarto Frio "25"	NCN 6294-H2/WC-12V	39.920	29.000	203,5	6
13	Autoclave	--	--	--	--	--
14	Sala Preparación Pescados "60"	TA 6L 8P	4.580	2.890	33,99	6,35
15	Sala Preparación Verduras "63"	GTI 347 8P	8.900	6.770	68	6,35
16	Sala Preparación Carnes "64"	TA 7L 8P	4.850	3.845	45,32	6,35

Taula 14. Aero Refrigeradors de les sales de treball

En l'Annex a la memòria s'adjunten els totes es fitxes tècniques de cada unitat terminal.



15- BESCOANVIADORS DE PLAQUES

El sistema constarà de 4 bescanviadors de calor, un per a generar l'aigua freda per a refrigerar les sales de treball a +12°C i els altres tres per a recuperar la calor dels sistemes frigorífics i poder escalfar aigua de climatització o A.C.S.

15.1- BESCOANVIADOR SALES DE TREBALL MPEG 20%

S'instal·larà un bescanviador de plaques solades per a refredar el propilenglicol 20% a enviar a les sales de treball. Es tracta de un evaporador en el qual en el circuit primari i entrarà el refrigerant R-134A i en el segon circuit hi passarà el propilenglicol.

Per a la seva selecció el software ens demana principalment la potència frigorífica que és de 300KW i llavors una sèrie de dades de cada circuit que definim a continuació:

CIRCUIT PRIMARI REFRIGERANT

- Temperatura de evaporació que en el nostre cas serà de 0°C.
- Temperatura de condensació del circuit refrigerant que és de +45°C.
- Tipus de refrigerant, que és R-134A.
- Subrefredament de la línia de líquid, que en aquest cas a estar el bescanviador integrat en la central de fred, aquest serà nul.
- Sobreescalfament de la línia de aspiració. En aquest cas ídem a l'anterior.

CIRCUIT SECUNDARI PROPILENGLICOL MPEG 20%

- Temperatura de entrada del fluid que és de +10°C.
- Temperatura sortida del fluid que és de +5°C.
- Tipus de fluid que serà propilenglicol amb una concentració del 20%.

La pèrdua de càrrega màxima admissible per circuit surt per defecte uns valors i llavors un cop seleccionat el software ens diu la pèrdua de càrrega de cada model en funció de les característiques descrites.

El model escollit és de la firma Alfa Laval model AC-500EQ-180H-F Per a la seva selecció s'ha utilitzar un software de la firma Alfa Laval Select.



15.2- BSCANVIADORS PER A LA RECUPERACIÓ DE CALOR PER CLIMATITZACIÓ O A.C.S.

Per tal de millorar la eficiència energètica del sistema, les dues centrals disposaran de bescanviadors de calor per a la recuperació de calor per escalfar aigua bé per a la climatització o per a la producció de A.C.S.

En tots dos casos, la temperatura màxima que poden assolir aquests fluids està entre +45/+50°C degut a que la temperatura de condensació màxima està a +45°C.

Aquests bescanviadors, més habitualment anomenats “desuperheater” aprofiten el calor sensible del gas refrigerant sense arribar a condensar. La seva finalitat es cedir la calor dels gasos de descàrrega de compressors a l'aigua de climatització o A.C.S.

Com en el cas anterior la seva selecció es fa mitjançant el mateix software. En el nostre cas col·locarem tres bescanviadors de plaques: dos penjats de la central positiva, un per a la producció de aigua calenta per clima i l'altre per A.C.S; i el tercer penjat de la central negativa per a la producció de aigua calenta de climatització.

Lògicament aquesta producció va lligada al funcionament dels serveis frigorífics. La demanda major de aigua calenta necessitem és a l'hivern i en aquest cas és quan menys funcionen els compressors ja que als serveis els costa menys arribar a temperatura. **És per això que els “desuperheater” es seleccionen com a màxim per un 40% de la potència a condensar**, ja que s'estima que les centrals a l'hivern funcionen al 40%.

En el nostre cas es disposa 208KW en la central positiva i de 53KW en la central negativa. En la central positiva els gasos de descàrrega de compressor surten a +85°C. En canvi en la negativa surten a +125°C.

Per a la selecció al igual ens demana les potències calorífiques, que els dos de positiva son de 100 i 70KW respectivament i en de la central negativa és de 47KW. Les dades de selecció en funció del sistema en que treballin són les següents:



CIRCUIT PRIMARI REFRIGERANT

- Temperatura d'entrada de gas refrigerant , que en el nostres casos serà de +85°C per a la central positiva i +125°C en la negativa.
- Temperatura de sortida que equival a la de condensació del circuit refrigerant que és de +45°C en els dos casos.
- Tipus de refrigerant, que és R-134A a la positiva i R-404A en la negativa.
- Pressió d'entrada del refrigerant que es de 10,5bar en positiva i 19,4bar en negativa.

CIRCUIT SECUNDARI AIGUA

- Temperatura de entrada del fluid que és de +40°C.
- Temperatura sortida del fluid que és de +45°C.
- Tipus de fluid que serà aigua.

La pèrdua de càrrega màxima admissible per circuit surt per defecte uns valors i llavors un cop seleccionat el software ens diu la pèrdua de càrrega de cada model en funció de les característiques descrites.

Els models escollit són de la firma Alfa Laval i els models són els següents:

- Bescanviador climatització central positiva →CB76-60H
- Bescanviador A.C.S. central positiva →CB76-40H
- Bescanviador climatització central negativa →CB-60-50H-F

En l'Annex a la memòria s'adjunten els totes es fitxes tècniques de cada bescanviador de plaques.



16- SISTEMA HIDRÀULIC

Es disposarà de una bacada hidràulica que estarà formada per els elements necessaris per que el sistema hidràulic funcioni correctament tant a nivell funcional com de seguretat del sistema. Es per això que a continuació descriurem els elements principals del sistema hidràulic.

El sistema hidràulic esta format per un circuit primari per a circular el MPEG des de bescanviador a dipòsit d'inèrcia i col·lectors i un circuit secundari que des de bescanviadors a serveis.

16.1- CIRCUIT PRIMARI

A continuació passem a descriure els elements que formen el circuit hidràulic primari:

16.1.1 Bomba de circulació primària

Per a la selecció de la bomba s'ha de tenir en compte i haver calculat, el caudal necessari de la instal·lació i la pèrdua de càrrega. D'aquesta manera determinarem la corba característica de la instal·lació.

Un cop obtingut el punt de funcionament de la instal·lació es trasllada amb la corba de la bomba i es determina el punt de funcionament de la bomba.

La bomba del circuit primari ha de vèncer bàsicament la pèrdua de càrrega de el bescanviador de plaques i dels accessoris de la pròpia bomba.

En el nostre cas ha de subministrar un cabal de 67m³/h i vèncer una pèrdua de càrrega de 9,4m.c.a. ja tenint en compte el 15% de seguretat.

Un altre aspecte important és assegurar que la bomba no caviti i evitar malmetre la bomba. Per això s'ha d'assegurar que el NPSH (Net Positive Suction Head) disponible de la instal·lació sigui major al NPSH de la bomba.

El NPSH de la bomba es una dada facilitada per el fabricant. El NPSH disponible de la instal·lació depèn de la instal·lació i del líquid a bombejar, i es calcula amb la següent expressió:



$$NPSHd = \frac{Pa}{\gamma} - Ha - hf - \frac{Pv}{\gamma} \quad [\text{m.c.a.}] \text{ (eq 16.1)}$$

On:

Pa : Pressió a nivell d'aspiració[Pa]

γ : Pes específic de líquid [N/m³]

Ha : Altura geomètrica de la aspiració [m.c.l]

hf : Pèrdua de càrrega en la línia d'aspiració[m.c.l]

Pv : Pressió de vapor del líquid a la temperatura de bombeig [Pa]

La bomba seleccionada és una bomba doble (principal+reserva) WILO model DL 80/120-4/2 que subministra un caudal de 67m³/h amb una pèrdua de càrrega de 10 m.c.a. La bomba anirà accionada mitjançant variador de freqüència electrònic de obligatòria instal·lació segons ErP 2009/155/CE1.

La bomba en qüestió té un NPSH de 3,78 m.c.a i la instal·lació de 7,89 i per tant la bomba treballarà correctament.

Totes les bombes hauran de portar instal·lats els següents elements de seguretat:

- Filtre de malla de 1mm en la aspiració de la bomba
- Maniguets antivibradors tant en aspiració com en impulsió per evitar vibracions del sistema.
- Vàlvula de retenció en impulsió per evitar arrancar amb una columna d'aigua important cosa que provoca una gran intensitat d'arrencada i escurça la vida útil de la bomba
- Claus de tall per al seu manteniment abans i després de la bomba.
- Pont de manòmetres amb claus de servei per a llegir la pressió d'aspiració i impulsió de la bomba i comprovar el bon funcionament.

16.1.2 Vas d'expansió MPEG

S'instal·larà un vas d'expansió tancat que consta de un recipient metàl·lic que en el seu interior disposa de una membrana inflada amb nitrogen. Aquest sistema permet absorbir les diferències de volum degudes als canvis de temperatura i evitar la evaporació de l'aigua.



La selecció es fa a partir de el volum que hi ha en la instal·lació i es determina mitjançant la expressió:

$$V_t = V \cdot C_E \cdot C_p \quad [l] \quad (\text{eq 16.2})$$

On:

V_t : Volum vas expansió [l]

V : Volum total instal·lació [l]

C_e : Coeficient de dilatació de l'aigua

C_p : Coeficient de pressió de l'aigua

Mitjançant la expressió anterior el volum calculat per al vas d'expansió del circuit de refrigeració és de 75,68l. EN el nostre cas utilitzarem un vas d'expansió WAFT de capacitat 100 litres.

El vas d'expansió ha d'anar connectat amb una canonada determinada per la UNE 100.157 que es calcula mitjançant la següent expressió:

$$D = 15 + 1,5 \cdot \sqrt{P} \geq 25mm \quad [mm] \quad (\text{eq 16.3})$$

16.1.3 Dipòsit d'inèrcia

En els circuits d'aigua dels sistemes de refrigeració, en els quals la producció d'aigua freda es fa amb grups frigorífics equipats amb compressors amb diverses etapes de variació de la seva capacitat, freqüentment es produeixen problemes d'arrencada i parada dels compressors en cicles de durada massa curta. Aquest cicles poden comprometre la vida dels motors d'accionament elèctrics i poden donar lloc a manca de constància de la temperatura de l'aigua generada. El control del problema pot venir a través del volum d'aigua en el circuit, doncs aquest volum pot servir com a volant d'inèrcia per mantenir la uniformitat de la temperatura i limitar el nombre d'arrencades.

La fórmula utilitzada per calcular el volum del dipòsit d'inèrcia es mostra en la següent equació:



$$V_i = \frac{860 \cdot P}{4 \cdot n^{\circ} \text{ arr} \cdot \Delta T} \quad [l] \quad (\text{eq 16.4})$$

On:

V_i : Volum teòric del dipòsit d'inèrcia [l]

P : Potència del generador [KW]

N° arr: Número màxim d'arrencades

ΔT : diferencial de temperatura [°C]

Per a una potència de 300KW ens necessitem un dipòsit d'inèrcia com a mínim de 2.580 litres .
Per tant s'ha escollit un dipòsit d'inèrcia d'acer negre aïllat amb poliuretà injectat de 100mmde GREENHEIS model DPAN/DI 3000 amb una capacitat de 3.000 litres.

16.2- CIRCUIT SECUNDARI

A continuació passem a descriure els elements que formen el circuit hidràulic secundari:

16.2.1 Col·lectors de impulsió i retorn

Per a al dimensionament dels col·lectors s'ha tingut en compte que la velocitat de pas del fluid refrigerant ha de ser com a màxim de 0,2 m/s, cosa que ens determinarà el diàmetre del col·lector

Pel que fa a la llargada del col·lector ens vindrà determinat per la distància mínima entre les canonades de les línies individuals segons la norma UNE 100.152.

16.2.2 Bomba de circulació circuit sales de treball +12°C

El mètode de selecció de la bomba és el mateix que el descrit en el punt 16.1.1.

En aquest circuit hem de subministrar un cabal de 55m³/h i vèncer una pèrdua de càrrega de 24m.c.a. tenint en compte el 15% de seguretat.



La bomba seleccionada és una bomba doble (principal+reserva) WILO model DL 65/160-7,5/2 que subministra un caudal de 55m³/h amb una pèrdua de càrrega de 25m.c.a. La bomba anirà accionada mitjançant variador de freqüència electrònic de obligatòria instal·lació segons ErP 2009/155/CE1.

La bomba en qüestió té un NPSH de 3,41m.c.a i la instal·lació de 11,85 i per tant la bomba treballarà correctament.

16.2.3 Bomba de circulació circuit Autoclaus

El mètode de selecció de la bomba és el mateix que el descrit en el punt 16.1.1.

En aquest circuit hem de subministrar un cabal de 17,2m³/h i vèncer una pèrdua de càrrega de 9,8m.c.a. tenint en compte el 15% de seguretat.

La bomba seleccionada és una bomba doble (principal+reserva) WILO model DL 50/110-1,5/2 que subministra un caudal de 17,2m³/h amb una pèrdua de càrrega de 10 m.c.a. La bomba anirà accionada mitjançant variador de freqüència electrònic de obligatòria instal·lació segons ErP 2009/155/CE1.

La bomba en qüestió té un NPSH de 3,67m.c.a i la instal·lació de 10,32 i per tant la bomba treballarà correctament.

Totes les bombes hauran de portar instal·lats els següents elements de seguretat:

- Filtre de malla de 1mm en la aspiració de la bomba
 - Maniguets antivibradors tant en aspiració com en impulsió per evitar vibracions del sistema.
 - Vàlvula de retenció en impulsió per evitar arrancar amb una columna d'aigua important cosa que provoca una gran intensitat d'arrencada i escurça la vida útil de la bomba
 - Claus de tall per al seu manteniment abans i després de la bomba+
- Pont de manòmetres amb claus de servei per a llegir la pressió d'aspiració i impulsió de la bomba i comprovar el bon funcionament.



16.3 VÀLVULES DE SEGURETAT

Es disposarà de vàlvules de seguretat tarades a 3,5Kg/cm² per al circuit de refrigeració, dissenyades segons les prescripcions que s'estableixen en la UNE 100157. La vàlvula a més tindrà de un dispositiu d'accionament manual per a proves, que quan s'hagi accionat no modifiqui el tarat de les mateixes.

16.4 ELEMENTS DE LECTURA

Tota instal·lació tèrmica ha de disposar de elements de lectura i mesura suficients per a la supervisió de totes les magnituds i valors dels paràmetres que intervenen de forma fonamental en el funcionament dels mateixos. Aquests es col·locaran en llocs visibles i fàcilment accessibles per a la seva lectura i manteniment.

Abans i després de cada procés que impliqui la variació de una magnitud física ha d'haver-hi la possibilitat d'efectuar la medició situant elements permanents o portàtils. El nostre cas s'instal·larà:

1. Termòmetres en entrada i sortida dels bescanviadors de plaques, dipòsit d'inèrcia i col·lectors.
2. Termòmetres en línies de impulsió i retorn generals i sortides de col·lectors.
3. Manòmetres en entrada i sortida de bescanviadors de plaques, bombes de circulació i col·lectors.



17- SISTEMES DE CONTROL

En el món de la refrigeració en quant a la producció i emmagatzematge de productes alimentaris es refereix, cal que es minimitzin els riscos de pèrdua de producte. Es per això que plantejament del control de la instal·lació s'ha de realitzar de manera redundat i independent per a cada equip i/o cambra. Amb els sistemes centralitzats amb PLC's si aquest es penja tot el sistema queda anul·lat multiplicant exponencialment el risc de pèrdua de producte.

Tots els controladors aniran integrats en el quadre general de control des de on es repartirà tota la potència dels elements i maniobra segons el reglament electrotècnic de baixa tensió REBT publicat en el BOE 842/2002 i el Reglament per a Plantes i Instal·lacions Frigorífiques publicat en el BOE 138/2011.

El quadre de potència no es té en compte en el present projecte.

A continuació detallarem els controladors electrònics de maniobra que controlaran els diferents sistemes tant per les centrals de producció com per als serveis frigorífics.

17.1 CONTROL CENTRALS DE PRODUCCIÓ FRIGORÍFICA/CONDENSADORS

Per a controlar el funcionament de les centrals frigorífiques i el condensador, cada central integrarà una centraleta electrònica ELIWELL 9900 EO. Els elements necessaris per al control de la central frigorífica juntament amb la centraleta son:

- Transductor de baixa pressió 0-10bar Eliwell EWPD010 amb sortida analògica 4-20mA per a cada aspiració independent.
- Transductor de alta pressió 0-30bar Eliwell EWPD030 amb sortida analògica 4-20mA per a la pressió de condensació.
- Sonde de temperatura NTC per al control de temperatura exterior i temperatura de líquid refrigerant.

La centraleta mitjançant el transductor de baixa pressió ens llegeix constantment la pressió d'aspiració de cada tren de compressors. En el circuit de baixa pressió, la pujada de pressió es deguda a la demanda dels serveis. Cada cop que obra una vàlvula solenoide passem refrigerant del circuit de alta pressió al de baixa fent que aquesta pugui i pugui ser llegida per el transductor de pressió.



Un cop programat el set point d'aspiració i els diferencials de funcionament, la centraleta va donant entrada als compressors per etapes en funció de la demanda instantània. A més a més també ens controla el variador de freqüència del primer compressor mitjançant una senyal analògica 0-10V.

Mitjançant el transductor de alta pressió, i programats també el set point de condensació i el diferencial de treball, la centraleta va donant entrada per etapes als diferents ventiladors electrònics del condensador mitjançant una segona sortida 0-10V.

En cas de fallada de la centraleta electrònica, les centrals de producció porten una seguretat electromecànica. En cas de que les pressions de baixa o alta pugin més del compte i la centraleta no doni entrada als compressors o ventiladors respectivament, uns pressòstats de seguretat ens realitzen el canvi e funcionament de automàtic (centraleta) a manual (pressòstats per etapes).

Les centraletes electròniques Eliwell 9900 EO incorporen a més el sistema de condensació flotant. Amb aquest sistema ens permet estalviar fins a un 20% la potència elèctrica de compressors.

El seu sistema consisteix en adaptar la temperatura i pressió de condensació en funció de la temperatura exterior dinàmicament sempre que aquesta sigui favorable. En èpoques de hivern podem reduir la temperatura de condensació de 45°C (19bar) a 15°C(12ar). **Això fa que la relació de compressió del compressor sigui menor i permeti desplaçar volumètricament més quantitat de refrigerant i per tant augmentar el seu rendiment i respectivament augmentar el COP.**

Aquesta centraleta és un producte estàndard el qual en cas de fallada o avaria és de ràpida substitució. Permet un cop programada per primera vegada guardar els paràmetres en una "card key" targeta de programació. Per tant en la a la que es substitueix es poden tornar a carregar els paràmetres immediatament.

17.2 CONTROL CAMBRES FRIGORÍFIQUES I SERVEIS

Per a controlar el funcionament de cada un dels serveis, es realitzarà un únic quadre a sala de màquines. Aquest integrarà protecció de potència i un controlador ELIWELL ID985 TOP



independent per a cada servei. Així el funcionament de cada servei serà independent en cas de fallada de un servei els altres no es veuran alterats.

Els elements addicionals per al control de cada servei son:

- Sonda NTC per al control de temperatura ambient del servei col·locada en el mig de la cambra i a 1,5m del terra.
- Sonda NTC per al control del final de desgel de l'evaporador col·locada en la pròpia bateria.

El funcionament és molt senzill i bàsic. En funció de la temperatura de la sonda ambient, un set point i un diferencial prèviament programats, el termòstat dona o talla la sortida a la vàlvula solenoide de injecció de gas refrigerant/vàlvula 3 vies glicol i als ventiladors. EL diferencial es deixa de 2°C per sota i per damunt del set point.

Tot evaporador amb el qual treballem amb temperatures per sota de 15°C es necessita realitzar un desgel per evitar la formació de gel en la bateria i per tant perdre rendiment degut a la pèrdua de superfície de intercanvi ocupada per el gel. Es per això que en el controlador ELiwell se li programen desgels periòdics. Normalment solen ser 4 desgels al dia per a serveis de conservació i 5-6 per als serveis de congelats. Un cop entra un desgel, si el desgel es per aire (serveis amb temperatura per sobre de +5°C) es para la vàlvula solenoide i es dona marxa als ventiladors fins que la sonda de final de desgel marca un valor de +12/+15°C. En el cas de cambres per sota de +5°C, el desgel es realitza mitjançant resistències elèctriques. El final de desgel serà quan la sonda marqui +5°C.

El control dels desgels i la formació de gel és molt important ja que si els evaporadors tenen gel, al perdre superfície d'evaporació i per tant rendiment, tot el líquid refrigerant injectat a l'evaporador no s'evapora i per tant podem tenir un retorn de líquid en l'aspiració del compressor cosa que pot provocar malmetre mecànicament el compressor.

Els controladors ID985 TOP integren també una funció de detecció de les portes obertes. Mitjançant un final de carrera ubicat en les portes de les cambres detectem si les portes estan obertes. Inmediatament el controlador para el fred de la cambra per evitar les pèrdues per la porta oberta. Passat un temps programat (normalment 1 minut en cambres petites, 3 en cambres grans) es torna a connectar el fred i el controlador dona una alarma acústica. **Aquesta funció ens permet minimitzar les pèrdues de fred durant les obertures de portes i evitar que ens deixem la porta oberta per un error humà.**



Per al control de la refrigeració del propilenglicol mitjançant el bescanviador de plaques del circuit de sales de treball a +12°C el funcionament i el controlador serà el mateix. El que en aquest cas la sonda de control de temperatura serà de immersió NTC col·locada en la part superior del dipòsit d'inèrcia i la sonda de desglaç es col·locarà adjunta en la paret del bescanviador de plaques.

Adicionalment en aquest servei es col·locaran dues proteccions per evitar la formació de gel en el bescanviador cosa que provocaria que rebentés i l'aigua entrés en el circuit de refrigerant causant danys de gran calibre. Es col·locarà una sonda antigèl la qual si la temperatura de l'aigua baixa de +1°C tallarà tota la maniobra de fred del bescanviador. També es col·locarà un pressòstat diferencial per si varia la pressió entre entrada i sortida de bescanviador referent a la pressió de disseny del bescanviador ens detectarà que hi ha alguna cosa que impedeix el pas de l'aigua i per tant tallarà la maniobra de fred.

17.3 CONTROL BOMBES HIDRÀULIQUES

Per a controlar el funcionament de les bombes amb variador de freqüència tant del circuit primari com secundari, es col·locaran unes sondes de temperatura en la línia de impulsió i retorn. El diferencial de temperatura ens marcarà la demanda instantània de la instal·lació. Un controlador Eliwell IC915 amb sortida 0-10V ens llegirà el diferencial i modificarà la senyal cap al variador en funció de la demanda.

Si el diferencial es gran vol dir que estem cedint fred a l'ambient dels serveis i per tant les vàlvules 3 vies estan obertes. Per tant el sistema necessita més cabal i el variador puja la freqüència i les revolucions de la bomba subministrant el cabal de demanda instantani.

Si el diferencial es petit vol dir que les vàlvules estan tancades i per tant no cal cedir fred a l'ambient dels serveis. Per això el sistema necessita menys cabal i el variador baixa la freqüència i les revolucions de la bomba subministrant menys cabal fins a parar-se per complet.

Totes les bombes a part de les proteccions diferencials i guarda motor, integraran un detector de flux en la seva impulsió. En cas de fuga d'aigua i baixada de pressió les bombes es pararan per tal de evitar de treballar en sec i cremar el bobinat elèctric del motor.



18- SEGURETATS INSTAL·LACIÓ FRIGORÍFICA

Per a poder garantir la seguretat tant de les persones com de la instal·lació frigorífica el Reglament per a Plantes e Instal·lacions Frigorífiques obliga a que les instal·lacions compleixin unes certes mesures de seguretat les quals es descriuen a continuació.

18.1 DETECTORS DE FUGUES

Tots els gasos refrigerants disposen de un límit pràctic el qual estableix la càrrega màxima per unitat de volum que es pot concentrar en un recinte per assegurar la seguretat de les persones. En el nostre cas, segons la taula "A" de l'apèndix 1 del BOE 138/2011 el refrigerant R-134A té un límit pràctic de 0.25Kg/m³ i el R-404A de 0.48Kg/m³.

En el nostre cas tant en la sala de màquines com en totes les cambres de conservació, cambres e manteniment de congelats i túnels de congelats superarien el límit pràctic en cas de fuga en l'interior de la cambra. És per això que segons l'article 3.3 de la IF-16 del Reglament per a Plantes e Instal·lacions Frigorífiques obliga a instal·lar un sistema de detecció de fugues que ens activi una alarma i ens aïlli part del sistema de refrigeració.

En el nostre cas s'instal·larà una detector de fugues AKO 52201 el qual ens donarà un avís acústic. Addicionalment a cada servei s'instal·larà una vàlvula solenoide normalment oberta que en cas de fuga ens tallarà la maniobra ed fred habitual i ens aïllarà la línia d'aspiració.

18.2 ALARMA HOME TANCAT EN CAMBRES DE CONSERVACIÓ

En les cambres de conservació entre 0/+5°C l'article 3.3.1. de la IF-12 del reglament ens obliga a instal·lar una única alarma acústica de home tancat. En el cas de cambres de congelat i túnels de congelats, ens obliga a instal·lar dos dispositius i un d'ells connectat a una font d'energia autònoma.

El polsador s'haurà de col·locar com a màxim a 1,25m del terra.



18.3 REQUISITS SEGURETATS SALA MÀQUINES

Degut a la alta concentració de gas en sala de màquines superior a 200Kg, la instal·lació està obligada a instal·lar els següents elements a fora de la sala de màquines:

- Dutxa d'emergència per al rentat del cos i dels ulls
- Dos aparells de respiració autònoma
- Equip de primers auxilis

Adicionalment segons la IF-07 la sala de màquines haurà de disposar dels següents elements de protecció generals:

- Fora de la sala de màquines es col·locarà i a la vora de la seva entrada es col·locarà un interruptor d'emergència que permeti parar el sistema de refrigeració.
- S'haurà de disposar de un sistema de ventilació natural o forçada. En el nostre cas la ventilació serà natural i es detalla el seu càlcul en l'apartat 18.4
- S'haurà de disposar com a mínim de dos extintors de pols ABC, un d'ells situat junt a la porta d'accés i l'altre en l'altre extrem de la sala de màquines.
- Cartells informatius de seguretat en l'accés a sala de màquines a on es visualitzi el contacte de l'instal·lador i els serveis d'emergències més pròxims.

18.4 VENTILACIÓ SALA DE MÀQUINES

Com s'ha comentat anteriorment en el nostre cas es disposarà de una ventilació natural mitjançant una obertura de 10m² ubicada a la paret contraria a l'accés a la sala de màquines.

Per això s'ha de complir la següent expressió:

$$A = 0,14 \cdot m^{1/2} \quad [m^2] \quad (\text{eq 18.1})$$

On:

A : Àrea obertura lliure [m²]

m : Càrrega de refrigerant de la instal·lació en Kg

0,14 : Valor constant que determina la relació entre la superfície i la massa.

En el nostre cas disposem de una càrrega de refrigerant total de 900Kg i per tant necessitem una obertura mínima de 4,2m², per tant es compleix la ventilació natural.



19- CÀLCUL DEL CONSUM ENERGÈTIC

19.1. RELACIÓ DE POTÈNCIES ELÈCTRIQUES

En la taula a continuació es detalla la relació de potències elèctriques de tots els elements que conformen la instal·lació frigorífica.

ELEMENT	POTÈNCIA ABSORBIDA
Tren compressors central positiva 3x6GE-30Y	50,3KW
Tren compressors central sales 4x6GE-40Y	78,8KW
Tren compressors central negativa 2x6H-25.2Y	32,3KW
Tren compressors central túnels 4G-20.2Y	24,8KW
Condensador positiva SE EC P14 A4	33,6KW
Condensador negativa SE EC P14 A4	7,2KW
Bomba circuit primari WILO DL 80/120-4/2	4KW
Bomba circuit secundari sales WILO DL 65/160-4/2	7,5KW
Bomba circuit secundari autoclaus WILO DL 50/110-1,5/2	1,5KW
Δ potència ventiladors aerorefrigeradors sales	28,33KW
Δ potència ventiladors evaporadors cambres conservació	5,28KW
Δ potència ventiladors evaporadors cambres manteniment congelats	3,7KW
Δ potència ventiladors evaporadors túnels de congelats	4,8KW

Taula 18.1 Potències elèctriques Instal·lació Frigorífica

Per a poder realitzar el càlcul del consum energètic haurem de separar el consum dels elements de cada sistema independent.

Així doncs el consum total dels elements relacionats amb les sales de treball ascendeix a un total de 138,73KW. Pel que fa a cambres de conservació és de 70,KW. El consum de cambres de manteniment de congelats de 39,6KW i finalment els túnels de congelats de 33,2KW.



19.2. CÀLCUL DEL CONSUM ENERGÈTIC

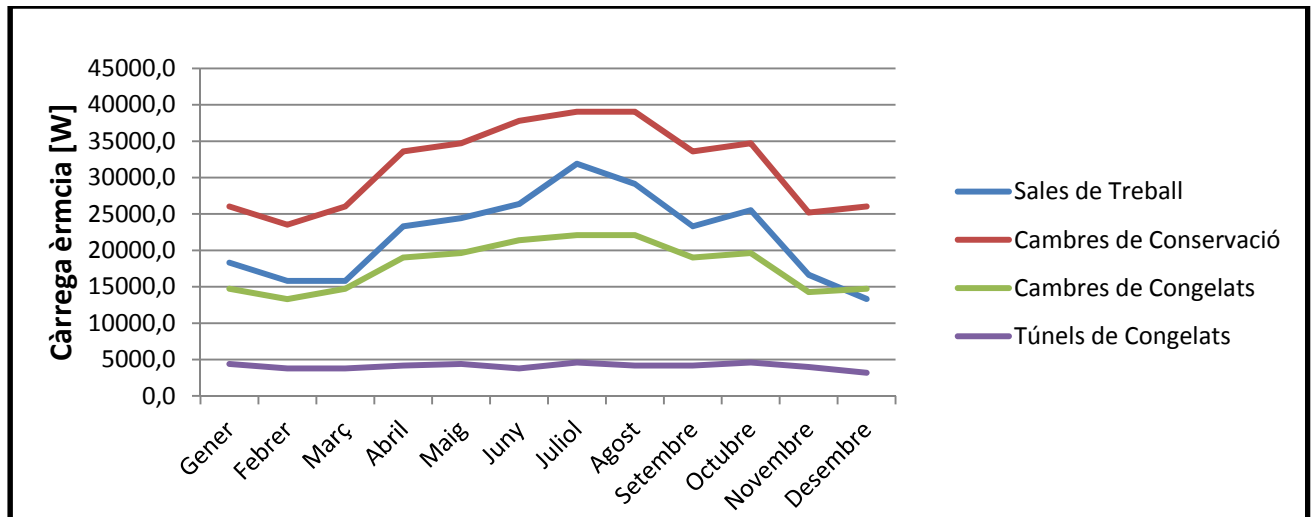
Per a poder calcular el consum energètic total de cada sistema s'ha d'establir les càrregues tèrmiques anuals. Normalment per determinar les càrregues tèrmiques anuals es fa servir el mètode dels graus-dia però en el nostre cas al tenir temperatures ambient negatives, el resultat de la calor necessària ens donaria negatiu degut a que el coeficient de pèrdues "UA" ens donaria en negatiu.

És per això que l'estudi es realitzarà calculant les necessitats reals de la instal·lació mensualment en funció de les temperatures exteriors. Aquestes s'han extret de la base de dades de IDAE..

Cal tenir compte que les sales de funcionen 12 hores en dies laborables. Els túnels de congelats realitzen 2 abatiments al dia i en horari laborable. Per altra banda, les cambres frigorífiques funcionen 24 hores al dia els 365 dies de l'any. En la taula següent es detallen les càrregues tèrmiques mensuals acumulades de cada sistema en funció de cada mes:

CÀRREGA TÈRMICA MENSUAL ACUMULADA EN W						
SISTEMA	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	
Sales de Treball +12°C	18312,4	15815,2	15815,2	23306,6	24416,5	
Cambres Conservació 0°C	26040,0	23520,0	26040,0	33600,0	34720,0	
Cambres congelats -20°C	14731,2	13305,6	14731,2	19008,0	19641,6	
Túnels de congelats -35°C	4382,4	3784,8	3784,8	4183,2	4382,4	
CÀRREGA TÈRMICA MENSUAL ACUMULADA EN KW						
Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
26358,7	31907,9	29133,3	23306,6	25526,3	16647,6	13318,1
37800,0	39060,0	39060,0	33600,0	34720,0	25200,0	26040,0
21384,0	22096,8	22096,8	19008,0	19641,6	14256,0	14731,2
3784,8	4581,6	4183,2	4183,2	4581,6	3984,0	3187,2

Taula 18.1 Càrrega tèrmica acumulada mensual

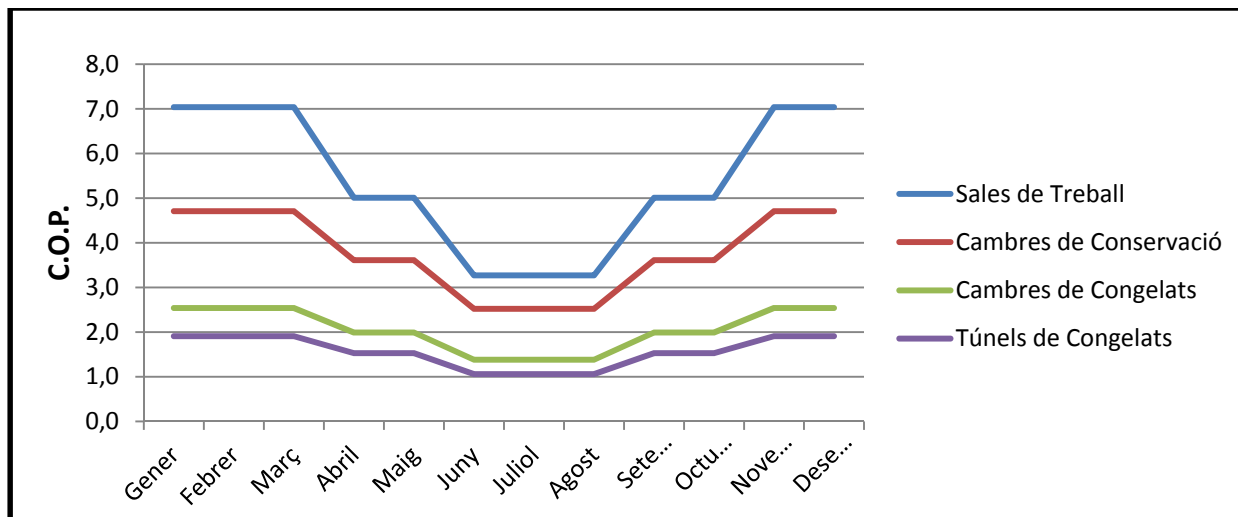


Gràfic 18.1 Càrrega tèrmica acumulada mensual

En el gràfic adjunt es descriu la evolució de les càrregues tèrmiques de cada sistema al llarg de tot l'any. En la taula a continuació es detalla el COP mensual de cada sistema el qual s'obté fent la relació entre potència frigorífica subministrada i consum. EL C.O.P. varia degut al sistema de condensació flotant que ens permet augmentar el rendiment a menor temperatura exterior.

C.O.P. MENSUAL						
SISTEMA	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	
Sales de Treball +12°C	7,04	7,04	7,04	5,01	5,01	
Cambres Conservació 0°C	4,71	4,71	4,71	3,61	3,61	
Cambres congelats -20°C	2,54	2,54	2,54	1,99	1,99	
Túnel de congelats -35°C	1,91	1,91	1,91	1,53	1,53	
CÀRREGA TÈRMICA MENSUAL ACUMULADA EN KW						
Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
3,27	3,27	3,27	5,01	5,01	7,04	7,04
2,52	2,52	2,52	3,61	3,61	4,71	4,71
1,38	1,38	1,38	1,99	1,99	2,54	2,54
1,06	1,06	1,06	1,53	1,53	1,91	1,91

Taula 18.2 C.O.P. Mensual dels sistemes de refrigeració



Gràfic 18.2 C.O.P acumulat mensual

En el gràfic adjunt es descriu la evolució de del C.O.P. de cada sistema al llarg de tot l'any. Per a poder determinar la potència elèctrica es s'obté en funció de la relació entre càrrega tèrmica mensual i el C.O.P. mensual. En la taula 8.3 annex es detalla el consum energètic mensual de cada sistema.

CONSUM ENERGÈTIC MENSUAL ACUMULAT EN KWh						
SISTEMA	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	
Sales de Treball +12°C	2601,2	2246,5	2246,5	4652,0	4873,5	
Cambres Conservació 0°C	5528,7	4993,6	5528,7	9307,5	9617,7	
Cambres congelats -20°C	5799,7	5238,4	5799,7	9551,8	9870,2	
Túnel de congelats -35°C	2294,5	1981,6	1981,6	2734,1	2864,3	
CONSUM ENERGÈTIC MENSUAL ACUMULAT EN KWh						
Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
8060,8	9757,8	8909,3	4652,0	5095,1	2364,7	1891,8
15000,0	15500,0	15500,0	9307,5	9617,7	5350,3	5528,7
15495,7	16012,2	16012,2	9551,8	9870,2	5612,6	5799,7
3570,6	4322,3	3946,4	2734,1	2994,5	2085,9	1668,7

Taula 18.3 Consum energètic TOTAL mensual acumulat



19.3. CONSUM I COST TOTAL

En el capítol anterior hem obtingut el consum mensual de cada sistema. Així doncs el consum anual de cada sistema obtingut és de:

- Sales de treball → 57.351,1 KWh/any
- Cambres de Conservació → 110.780,4 KWh/any
- Cambres de Congelats → 114.613,9 KWh/any
- Túnel de Congelats → 33178,5 KWh/any

Així doncs el consum energètic anual de la instal·lació frigorífica és de 315.923,8KWh, que tenint en compte un cost energètic de 0,18 €/KWh obtenim un cost energètic anual de 56.866,28€ amb un cost mig mensual de 4.738,85€



20- IMPACTE MEDI AMBIENTAL

20.1. CENTRALS FRIGORÍFIQUES

Des del punt de vista medi ambiental, les emissions dels fluids habitualment utilitzats fins la últimadècada en equips de climatització elèctrics, els clorofluorocarbonats (CFC), han estat considerats com els causants del deteriorament de la capa d'ozó del nostre planeta. A més a més, aquestes emissions també afavoreixen l'efecte hivernacle i en certa mesura, l'increment de temperatura mitjana global del planeta.

A banda de que avui en dia ja no es comercialitzen equips de climatització que continguin CFC, els fluids alternatius més utilitzats són en l'actualitat, els hidrofluorocarbonats (HFC), encara tenen un impacte medi ambiental significatiu, al menys des del punt de l'efecte hivernacle, ja que pel què fa al ODP (OzoneDepletion Potencial) és zero, això vol dir que l'impacte sobre la capa d'ozó és nul degut al'absència de clor.

20.1.1. Càlcul del TEWI i del GWP

A la taula 23.1 s'indica la capacitat d'absorció de radiació infraroja d'alguns del HFC proposats per substituir els CFC, respecte al diòxid de carboni al llarg de 100 anys. Aquest índex es coneix amb el nom de GWP (Global Warning Potencial), que al prendre com a referència el del CO₂, el seu GWP val 1. Si mirem el R134A veiem que el seu GWP és de 1.410, això significa que l'emissió d'un quilogram de R134A tindria el mateix impacte durant 100 anys que una emissió de 1.410 kg de CO₂. En el cas del R-404A encara és major, el seu GWP és de 3.780.

El creixent interès per els aspectes mediambientals derivats dels equips de climatització i de refrigeració, ha fet necessària l' incorporació d'un altre índex per incloure no només l'efecte hivernacle propi del fluid en qüestió sinó també les característiques de l'equip. L'índex proposat és el TEWI (Total Equivalent Warning Impact) el qual avalua la contribució del'efecte hivernacle com la suma de la quantitat de refrigerant que ha estat emès degut a les fugues en el circuit, a la quantitat de refrigerant que no ha pogut ser reciclat i la emissió indirecta de CO₂ degut al'energia consumida per l'equip al llarg de la seva vida.

De forma analítica, aquest índex s'avalua a partir de l'equació 23.1 proposada per la British Refrigeration Association:



$$TEWI = GWP \cdot L \cdot n + GWP \cdot m \cdot (1 - m_r) + n \cdot E \cdot b \quad (\text{eq 19.1})$$

On:

GWP: Índex GWP per el refrigerant en qüestió

L : Massa de refrigerant emesa anualment degut a les fugues [Kg]

n : Anys de vida útil de l'equip

m : Massa total de refrigerant de l'equip [Kg]

m_r : fracció de la massa total de refrigerant de l'equip que ha estat reciclada

E : quantitat d'energia consumida anualment per l'equip [kW]

b : quantitat de CO2 emès per l'obtenció d'una unitat energètica

Tenim dues centrals de fred. Una funciona amb refrigerant R-134A i l'altre amb R-404A. En la taula següent descrivim els valors de cada paràmetre del càlcul del TEWI:

Característiques Tècniques dels condensadors per aire		
Circuit	Positiu R-134A	Negatiu R-404A
GWP	1.410	3.780
L (es considera 5% de càrrega total)	30	12,5
n: anys de vida	20 anys	20 anys
m: massa total	600Kg	200Kg
mr: es considera nul·la	0	0
E: calculat en capítol 18	168,131KW	147,792KW
b:valor fix	0,6 Kg/KWh	0,6 Kg/KWh
TEWI	1.694.017,57 Kg/CO2	1.891.773,50 Kg/CO2

Taula 19.1 Valors càlcul TEWI

Això significa que en el conjunt dels dos circuits obtenim un TEWI total i per tant un consum de 3.585.791,07Kg de CO2 al llarg de tota la seva vida útil.



21- MESURES ESTALVI ENERGÈTIC

Tal i com s'ha explicat al llarg de la memòria el sistema compta amb diverses mesures d'estalvi energètic les quals a continuació passem a descriure i a valorar la seva eficiència.

21.1. VARIADOR DE FREQUÈNCIA EN EL PRIMER COMPRESSOR

La finalitat d'aquesta mesura és adaptar el funcionament dels compressors d'acord a la demanda instantània de la instal·lació. Així doncs el sistema ens permetrà treballar en qualsevol punt de funcionament indiferentment de la parcialització del sistema.

El primer compressor de cada règim de treball incorporarà un variador de freqüència i mitjançant la sortida analògica 0-10V de la centralita Eliwell 9100 ens farà modular el primer compressor.

Com es desconeix quin serà el funcionament real de la instal·lació, el fabricant Bitzer estima que amb la seva instal·lació el sistema estalvia un 7% de la potència elèctrica absorbida de compressors.

En el nostre cas suposaria un estalvi energètic anual de 14.291,06KWh que suposa un estalvi energètic anual de 2.572,48€

21.2. VENTILADORS EC DELS CONDENSADORS D'AIRE

La finalitat d'aquesta mesura és reduir el consum energètic dels ventiladors degut a la reducció de consum dels motors amb tecnologia electrònica vers als motors amb tecnologia estàndard. A més ja complirem amb la nova normativa que es vol establir amb la ErP 2015 que diu que a partir del 2015 tots els equips hauran de venir amb motors amb regulació electrònica inclosa.

Els ventiladors electrònics de EBM PAPST dels condensadors tenen un consum unitari de 2.400W. En canvi els motors habituals tenen un consum unitari de 3.600W. **Com podem veure la reducció de consum és de un 33%. Aquesta mesura ja esta contemplada en els càlculs del consum del capítol 18.**

La mesura dels ventiladors electrònics ens permet estalviar una potència anual de 45.808,9KWh que equival a un estalvi econòmic 8.245,61€



21.3. SISTEMA DE CONDENSACIÓ FLOTANT

Es tracta de la mesura d'estalvi energètic més eficient i estudiades dl mercat. El seu sistema consisteix en adaptar la temperatura i pressió de condensació en funció de la temperatura exterior dinàmicament sempre que aquesta sigui favorable. En èpoques de hivern podem reduir la temperatura de condensació de 45°C (19bar) a 15°C(12ar). **Això fa que la relació de compressió del compressor sigui menor i permeti desplaçar volumètricament més quantitat de refrigerant i per tant augmentar el seu rendiment i respectivament augmentar el COP.**

En aquest cas, com s'observa en la taula 18.2 els C.O.P. en les èpoques fredes milloren entre un 45 i un 55% depenent del sistema. En el projecte en qüestió el sistema de condensació ja està valorat.

La mesura en el projecte de la condensació flotant vers el sistema sense condensació flotant ens permet estalviar un consum anual de 117.033,2 KWh que suposa un estalvi energètic de 21.065,97€

21.4. BESCOANVIADORS DE PLAQUES PER A LA RECUPERACIÓ DE CALOR

Les centrals frigorífiques compten amb 3 bescanviadors de plaques per a la recuperació de calor sensible del gas de descàrrega amb els quals de manera gratuïta escalfem aigua per a la producció de climatització o aigua calenta sanitària A.C.S.

Tenint en compte que com que quan necessitem més demanda de calor es a l'hivern i es quan les centrals funcionen menys, la potència calorífica de la qual es disposa es com a màxim de un 40% la potència a condensar.

En el projecte es contempla la instal·lació de 3 bescanviadors que ens permeten recuperar 217KW per escalfar aigua fins a +45°C per a climatització.

Per a calcular l'estalvi energètic que suposa hem escollit una bomba de calor amb de la mateix potència i n'obtenim la potència absorbida. Suposarem un funcionament en horari laboral des de Octubre fins a Abril i un funcionament mitjà de 10 hores /dia.

La mesura en el projecte de la recuperació de calor amb bescanviadors de plaques ens permet estalviar un consum anual de 110.740 KWh que suposa un estalvi energètic de 19.933,2€



22- COMPLIMENT DE LA NORMATIVA

La instal·lació de refrigeració descrita en aquest projecte complirà totes les normes, reals decrets i reglaments que es detallen a continuació, així com totes les seves instruccions tècniques i disposicions vigents:

- “Real Decret 138/2011, de 4 de Febrer pel que s’aprova el Reglament de seguretat per a Plantes e Instal·lacions Frigorífiques. i les seves instruccions tècniques complementaries (ITE)”.
- “Real Decret 1027/2007, de 20 de juliol, pel que s’aprova el Reglament d’Instal·lacions Tèrmica en els Edificis (RITE) i les seves instruccions tècniques complementaries (ITE)”.
- “Ordre del 27 d’abril de 1987 d’aprovació de la norma reglamentària d’edificació sobre aïllament tèrmic NRE-AT-87”.
- “Real Decret 2.429/1979, de 6 de juliol, NBE CT-79: Condicions tèrmiques en els edificis”.
- “Decret 1.627/1.997, de 24 d’octubre, referent a les Disposicions de Seguretat i Salut en obres,
- Especifica en l’Article 4, la obligatorietat de l’elaboració d’un Estudi de Seguretat i Salut o d’un Estudi Bàsic de Seguretat en els projectes d’obres i els projectes d’instal·lacions”.

Normes UNE, que entre altres utilitzades, s’esmenten les següents:

- UNE-EN 378-1:2008 Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 1: Requisits bàsics, definicions, qualificació i criteris de selecció
- UNE-EN 378-2:2008+A1:2009 Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 2: Diseño, fabricació, assajos, marcat i documentació
- UNE-EN 378-3:2008 Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals Part 3: Instal·lació “in situ” i proteccions de las persones
- UNE-EN 378-4:2008 Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 4: Operació, manteniment, reparació i recuperació.



- UNE-EN 1736:2009 Sistemas de refrigeració i bombes de calor. Elements flexibles de canonades, aïlladores de vibració, juntes de dilatació i tubs no metàl·lics. Requisits, disseny e instal·lació
- UNE-EN 1861:1999 Sistemas frigorífics i bombes de calor. Esquemes sinòptics pera sistemes, canonades e instrumentació. Configuració i símbols
- UNE-EN 12178:2004 Sistemas de refrigeració i bombes de calor. Dispositius indicadors de nivell de líquid. Requisits, assajos imarcat
- UNE-EN 12263: 1999 Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Dispositius interruptors de seguretat pera limitar la pressió. Requisits i assajos
- UNE-EN 12284:2005 Sistemas de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat
- UNE-EN 12693:2009 Sistemas de refrigeració i bombes de calor.Requisits de seguretat i mediambientals. Compresors volumètrics pera fluids refrigerants.
- UNE-EN 13136:2009 Sistemas de refrigeració i bombes de calor. Dispositius d'alleujament de pressió i les seves canonades de connexió. Mètodes de càlcul.
- UNE-EN 13136:2002/A1:2005 Sistemas de refrigeració i bombes de calor. Dispositius d'alleujament de pressió i les seves canonades de connexió. Mètodes de càlcul.
- UNE-EN 14276-1:2007 Equipos a presión para sistemas de refrigeración i bombes de calor. Part 1: Recipientes. Requisits generales
- UNE-EN 14276-2:2008 Equipos a presión para sistemas de refrigeración i bombes de calor. Part 2: Xarxes de canonades. Requisits generales
- UNE-EN ISO 12100-1:2004 Seguretat de les màquines Conceptes bàsics, principis generales para el disseny.
- "UNE 100001:1985. Climatització. Condicions climàtiques per projectes".
- "UNE 100011:1991. Climatització. La ventilació per una qualitat acceptable de l'aire en la climatització de locals"
- "UNE 100014:1984. Climatització. Bases per el projecte. Condicions exteriors de càlcul."
- "UNE 100155:1998 IN. Climatització. Càlcul de vasos d'expansió."
- "UNE 100157:1989. Climatització. Càlcul de sistemes d'expansió."



23- RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost de la present instal·lació queda desglossat i de la següent manera:

IF. 01. Sala de Màquines.....	116.696,74 €
IF.02. Equips de protecció i seguretat Sala de Màquines.....	4.095,13 €
IF.03 Unitats Terminal i Vàlvules.....	143.758,71 €
IF.04.Línies Generals Canonades, Suportació i Aïllament.....	125.512,09 €
IF.05. Distribució d'aire.....	12.301,57 €
IF.06. Regulació i control.....	29.582,86 €
IF.07. Projecte Legalització.....	1.962,13 €
SS.01. Estudi de seguretat i salut.....	11.861,10 €
TOTAL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL.....	445.775,20 €
6% BENEFICI INDUSTRIAL.....	26.746,51 €
13% DESPESES GENERALS.....	57.950,78 €
Subtotal.....	530.472,49 €
21% IVA	111.399,22 €
TOTAL PRESSUPOST EXECUCIÓ PER CONTRACTE.....	641.871,71 €

Aquest pressupost d'execució per contracte puja la quantitat de SIS-CENTS QUARANTA-UN MIL VUIT-CENTS SETANTA-UN EUROS i SETANTA-UN CÈNTIMS.

Vic 11 d'Agost de 2013

Marc Icart Garcia

Enginyer Tècnic Industrial



24- CONCLUSIONS

Davant la explicació de les línies precedents, i com a objecte del projecte, és factible fer-se a la idea de quines són les condicions de temperatura i humitat que ha de reunir una instal·lació frigorífica d'alta importància per a la conservació de productes alimentaris.

La solució adoptada, consistent en la instal·lació de dues centrals frigorífiques amb sistemes d'expansió directe en cambres de conservació i congelats i sistema indirecte amb propilenglicol per a refrigerar les sales de treball és la solució més habitual en aquest tipus de d'instal·lacions, la qual és la que dona les més bones prestacions d'acord amb les exigències del sistema.

S'ha demostrat que l'impacte ambiental és de 3.585.791,07Kg de CO₂ al llarg dels 20 anys de vida útil. Aquest impacte va estretament lligat al consum energètic, és per això que s'ha implementat en el sistema nombroses mesures d'estalvi energètic, com són la condensació flotant, els variadors de freqüència en compressors i ventiladors i els sistemes de recuperació de calor.

Com s'ha comentat podrien ser objecte altres refrigerants més ecològics i eficients però degut a la seva perillositat i toxicitat, la propietat els ha descartat.

Tot i les prescripcions tècniques esmentades al present projecte, el peticionari es compromet a realitzar quantes modificacions estimin oportunes els Organismes Oficials Competents.

Vic 13 d'Agost de 2013

Marc Icart Garcia

Enginyer Tècnic Industrial



25- RELACIÓ DE DOCUMENTS

El present projecte es compren dels següents documents:

- DOCUMENT Nº 1: MEMÒRIA
 - Document 1A: Annexes a la memòria 1
 - Document 1B: Annexes a la memòria 2
 - Document 1C: Annexes a la memòria 3
- DOCUMENT Nº 2: PLÀNOLS
- DOCUMENT Nº 3: PLEC DE CONDICIONS TÈCNIQUES
- DOCUMENT Nº 4: ESTAT D'AMIDAMENTS
- DOCUMENT Nº 5: PRESSUPOST



26- BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE HANDBOOK 2003. HVAC Applications. Capítol 7: *Health care facilities*. Atlanta. 2003
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. *Manual de aire acondicionado*. Barcelona. Editorial Mc Graw-Hill. 1974.
- AIRPACK V2.0. Programa informàtic per fer el càlcul de càrregues tèrmiques, canonades hidràuliques i conductes d'aire. *Universitat Politècnica de Catalunya*
- DIRCalcTM. Programa informàtic per fer el càlcul de canonades amb frigorífiques amb sistemes secs, inundats i bombats. *Danfoss Refrigeration and Air Conditioning*
- SCELTE 32 SOFTWARE. Programa informàtic per fer el càlcul de càrregues tèrmiques de cambres frigorífiques. *Luvata Italy*
- BITZER SOFTWARE. Programa informàtic per el càlcul i selecció de compressors per a sistemes de refrigeració *Bitzer Kühlmashinenbau GmbH*
- HK REFRIGERATION. Programa informàtic al càlcul i la selecció dels evaporadors i aerorefrigeradors de les cambres. *HK Refrigeration France*
- ALFA SELECT , Programa informàtic per el càlcul i selecció de bescanviadors de calor. *Alfa Laval Italy*
- WILO SELECT 3. Programa informàtic per el càlcul i selecció de bombes circuladores de fluids. *Wilo Germany*
- IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia. Els graus-dia de calefacció i refrigeració de Navarra.