

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: DISSENY D'UN SISTEMA DE CALEFACCIÓ RADIATIU PER UNA EMPRESA DEL SECTOR DEL SURO

Document: 1. MEMÒRIA

Alumne: IDOYA VERMEERSCH AMOR

Tutor: ALEXANDRE DELTELL CARBONELL

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: MMT

Convocatòria (mes/any) SETEMBRE/2020

INDEX:

1.	INTRODUCCIÓ.....	3
1.1	Antecedents.	3
1.2	Objecte del projecte.....	4
1.3	Especificacions i abast.....	5
2.	NORMATIVA.	5
3.	JUSTIFICACIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA.	5
4.	DESCRIPCIÓ EDIFICACIÓ.....	6
4.1	Descripció arquitectònica de la nau.....	6
4.2	Règim de producció:.....	7
4.3	Descripció dels tancaments.....	7
5.	NECESSITATS TÈRMiques.....	8
5.1	Introducció.	8
5.2	Determinació de la zona climàtica.	9
5.3	Condicions exteriors de càlcul.....	10
5.4	Condicions interiors de càlcul.	10
5.5	Mètode de càlcul de les càrregues tèrmiques.	11
5.6	Càlcul càrrega sensible.....	12
5.7	Càlcul càrrega latent.....	15
5.8	Resum del càlcul de les càrregues totals.....	16
6.	DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE CLIMATITZACIÓ PER PANELLS RADIANTS.....	17
6.1	Principis bàsics.	17
6.2	Fabricant escollit.	17
6.3	Avantatges dels sistemes de panells radiants.....	17
6.4	Aspectes constructius dels panells radiants.....	18
6.5	Sistemes de muntatge dels panells radiants.....	24
7.	DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ DE PANELLS RADIANTS.	26
7.1	Paràmetres inicials de disseny.	26
7.2	Disseny i distribució dels panells radiants.....	28
7.3	Determinació de cabals d'aigua.	36
7.4	Resultats generals de la instal·lació dels panells radiant.....	38
8.	DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ HIDRÀULICA.....	38
8.1	Descripció de la instal·lació.....	38

8.2 Pèrdua de càrrega de la instal·lació hidràulica.	40
8.3 Equip de generació d'aigua calenta.	42
8.4 Xarxa de distribució d'aigua calenta.	42
8.5 Disseny de les bombes de circulació.	43
8.6 Disseny del dipòsit d'inèrcia.	44
8.7 Disseny del vas d'expansió.	44
9. RESUM DEL PRESSUPOST.	45
10. CONCLUSIONS.	46
11. RELACIÓ DE DOCUMENTS	46
12. BIBLIOGRAFIA.	47

1. INTRODUCCIÓ.

1.1 Antecedents.

Actualment, existeixen molts tipus de sistemes de climatització. Hi ha sistemes convencionals de calefacció per radiadors, utilització de calderes de gas, escalfadors per convecció, climatització mitjançant bombes de calor, sistemes de calefacció radiatiu, etc. Depenent de les necessitats de cada edifici, utilitzaran el sistema de calefacció que s'adeqüi més.

En els últims anys, aquets sistemes de climatització han anat evolucionant molt, ja que s'ha introduït noves tecnologies utilitzant l'energia solar, geotèrmica o sistemes de radiació per climatització de sostres, parets i terres.

En aquest projecte, es pretén dissenyar un sistema de climatització que satisfaci les condicions de temperatura, humitat i qualitat de l'aire a les zones de producció.

Existeixen tres mètodes de transmissió de calor:

- **Conducció:** consisteix en transmetre calor entre dos punts d'un cos que es troben en diferents temperatures sense que es produeixi transferència de matèria entre ells.
- **Convecció:** en aquest sistema intervé un fluid ja sigui gas o líquid en moviment que transforma l'energia tèrmica entre les dos zones. La transmissió de calor pot ser natural o forçada.
- **Radiació:** és la calor emesa per un cos degut a la seva temperatura. En aquest cas no existeix contacte entre els cossos ni fluids intermedis que transporten calor.

El projecte es realitza en una indústria destinada a la fabricació de taps per les embotelladores de vi i xampany a partir de panes de suro. Aquesta empresa està situada al polígon industrial "el Trust", carretera C-65, Km 16'5 a la població de Cassà de la Selva, Girona.



Figura 1 - Detall de la ubicació de l'empresa.



Figura 2 - Vista de la planta de l'empresa.



Figura 3 - Vista de l'alçat de l'empresa.

Disposem d'una nau industrial de 12.167 m² de superfície construïda tancada, on es vol implantar el sistema explicat anteriorment.

1.2 Objecte del projecte.

L'escalfament dels espais de treball dins de les naus és molt ineficient, basat en un sistema de convecció forçada i absorbeix una part considerable de la potència tèrmica del circuit d'oli tèrmic.

Les opcions per reduir la demanda tèrmica dels espais de treball són poques a causa del gran volum de les naus, del tipus de tasques que generen pols i que obliga a tenir renovacions d'aire, per les baixes condicions tèrmiques dels tancaments de la nau i, sobre tot de la gran alçada de la nau.

Per aquest motiu, l'objectiu del projecte es realitzar els càlculs pertinents per tal de dimensionar un sistema de calefacció radiatiu, per substituir l'actual.

En aquest projecte s'ha escollit el sistema de calefacció mitjançant panells radiants. El principi de funcionament d'aquest sistema és fer passar aigua a través d'uns tubs. Aquest sistema és similar al de la calefacció per terra radiant, però la diferència és que es pot utilitzar tant a l'hivern com a l'estiu però fent passar aigua calenta o freda respectivament. Aquest sistema és beneficiari pel client ja que no provoca corrents d'aire ni de soroll, aporta una disminució del consum d'energia i per últim, proporciona al usuari un bon ambient i benestar.

1.3 Especificacions i abast.

L'abast del projecte comprendrà les naus de producció d'una empresa del sector del suro, així com els sistemes de producció d'aigua calenta que l'alimenten.

Aquesta empresa em van indicar els requisits i desitjos que els hi agradaria que la instal·lació complís. També em van posar a la meua disposició el plànol de planta de la nau, amb les respectives mesures, les dades climàtiques i tipus de construcció de la nau.

Cada vegada hi ha més marques i fabricants en el mercat que ofereixen aquest tipus d'instal·lació en diferents variants. Per aquest motiu, he decidit escollir un sol fabricant, tant pels panells com pels components i accessoris. Per poder escollir el fabricant més adient per aquest projecte, primer de tot he realitzat un petit estudi del mercat amb les diferents marques que existeixen i he fet un estudi comparatiu. He escollit el fabricant que més s'adequa a les meves especificacions i també he tingut en compte la proximitat amb l'empresa per tal de facilitar la instal·lació a l'hora de implantar-ho.

2. NORMATIVA.

Per l'execució d'aquest projecte s'han tingut en compte les següents reglamentacions:

- Reglament d'instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE) i les seves instruccions complementaries (ITE).
- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). Document Bàsic HE Estalvi d'Energia (HE1 Limitació de demanda d'energia)
- Norma UNE 100011. Ventilació de l'aire exterior dels locals.
- Norma Bàsica d'Edificació NBE- CT "Condicions tèrmiques dels edificis"

3. JUSTIFICACIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA.

L'escalfament dels espais de treball que hi ha actualment dins de les naus és molt ineficient per tres factors diferents:

- La utilització de l'aire com a vector de calor en espais de grans renovacions d'aire no és el més adient. A més, és necessari mantenir les renovacions d'aire, ja que ajuda a reduir la pols a l'aire.
- La utilització d'aeroterms escalfats amb oli tèrmic a alta temperatura, genera aire molt calent i lleuger i provoca que l'aire tendeix a pujar a la part alta de la nau.
- Al ser una nau d'alçada considerable, provoquen una elevada estratificació tèrmica i allunya la calor aportada dels espais de treball.

Les opcions que tenim, són la desestratificació tèrmica o canviar el model de calefacció evitant l'ús de l'aire com a termòfor.

El primer cas, la utilització de ventiladors de sostre permet reconduir l'aire calent que s'acumula a la part superior de la nau en direcció a les zones de treball. S'augmenta la temperatura de l'aire a l'alçada de treball, però hi ha més moviments convectius que mouen la pols.

Canviar el model de calefacció per adaptar-se a les condicions ambientals de les naus passa per eliminar els aerotermos com a sistema de calefacció i optar per una distribució de calor per radiació.

Aquest sistema no pretén escalfar l'aire ambient, sinó projectar flux tèrmic, per radiació tèrmica directament sobre les persones a les zones de treball. La sensació tèrmica és millor que la produïda per aire calent en moviment, només escalfa les àrees on es concentren els treballadors. No genera moviments convectius ni de desplaçament forçat d'aire, no remou la pols i permet grans renovacions d'aire a la nau.

La proposta es instal·lar sobre les zones de treball on es concentren els punts fixos de personal uns panells tèrmics horitzontals pels quals circula un fluid calent. El panell calent emet una radiació tèrmica directament sobre els espais ocupats per treballadors, amb la qual cosa la distribució de l'escalfor s'inverteix respecte la situació actual d'estratificació tèrmica.

El consum podria ser un 80% menor i la qualitat del servei de calefacció serà molt millor.

A més, els panells radiants són efectius en molt poca estona ja que el temps que triga el circuit d'aigua calenta a escalfar-se es molt baix i funcionaran menys hores que actualment els aerotermos.

4. DESCRIPCIÓ EDIFICACIÓ.

4.1 Descripció arquitectònica de la nau.

L'edifici és una nau industrial que es troba a Cassà de la Selva (Girona), concretament al polígon industrial "el Trust" i es dediquen a la fabricació de taps de suro per ampelles de vi i xampany a partir de panes de suro.

La parcel·la de la fàbrica mesura 27.991 m² en el que hi ha un magatzem de panes de suro i un nucli tècnic descobert on es situen les sitges de combustió (pols de suro), caldera, xemeneia i equips auxiliars de circulació del fluid tèrmic. La resta és espai de circulació, aparcaments i jardineria.

La fabrica té 12.167 m² de superfície útil construïda (naus). Està formada per un magatzem i dues naus similars, situades paral·lelament, de 4.261 m² i 7.906 m² de planta, inclòs els altells. Totes les façanes de les naus tenen contacte amb l'exterior en totes les direccions.

La nau situada al nord (Nau 2), disposa d'una part amb coberta plana a la façana oest, on es situen les oficines, sales de reunions, vestidors, menjadors, etc.

Les naus mesuren entre 9 i 12 m d'alçada i disposen de lluernes de polièster que permeten una llum natural.

L'edifici és d'una sola planta, tot i que disposa d'algunes plantes d'altell, així com una galeria tècnica soterrada transitable, per on passen la majoria d'instal·lacions.

La distribució de les superfícies és de la següent:

ESPAIS	SUPERFÍCIE (m ²)
FINCA	27.991
MAGATZEM DE SURO	2.203
NAU NORD (NAU 2)	4.261
Entrada, vestidors, menjador, etc. (Planta baixa)	337
Oficines (1a planta)	337
Sala d'actes (2a planta)	337
Magatzem	602
Aglomerat	1.843
Corredors i magatzem suro bullit	661
Sales tècniques	143
NAU SUD (NAU 3)	7.906
Encolat i tria	1.317
Expedicions	1.105
Laboratoris, despatxos, serveis.	504
Boxes	388
Marcatge	457
Magatzem	460
Esmeril	465
Corredor	151
Altell	3.059
ZONA TÈCNICA	527
CIRCULACIÓ, PATIS I APARCAMENT	14.445
JARDINERIA	923

Taula 1 - Distribució de superfícies.

4.2 Règim de producció:

L'activitat és contínua al llarg de l'any, amb una aturada de dues setmanes a l'agost i setmanes de lliure elecció.

L'horari de treball de dilluns a divendres varia segons les tasques:

- **Fabricació discs:** 8:00h-12:00h / 14:00h-18:00h
(La part de tria electrònica i reproccés 24h)
- **Aglomerant i extrusió:** 24h
- **Tria discs (encolatge, tria taps, rentador, magatzem i marca):** 6:00h-22:00h
- **Expedició:** 24h
- **Oficines, laboratori i despatxos producció:** 8:00h-12:00h /14:00h-18:00h

Els dissabtes es fa tasques de manteniment.

4.3 Descripció dels tancaments.

Les característiques constructives de la nau industrial són de gran importància per obtenir un bon rendiment del nostre sistema de calefacció. Un cop conegut la composició dels diferents tancaments de la nau, calcularem els coeficients de Transmissió Tèrmica "U", utilitzant la DB-HE1.

Tots aquests càlculs estan a l'**Annex I**.

L'edifici està construït sobre una llosa de formigó, estructura de formigó armat i amb paraments de formigó prefabricat amb aïllament incorporat.

Les cobertes són a dues aigües i esta formada per panells de lloses alveolars de formigó amb sandvitx d'aïllament i planxa metàl·lica, muntat in situ, amb uns 4 cm d'aïllament (llana de roca). Disposa de sortides de ventilació i lluernes.

A la taula a continuació hi ha els tancaments i les condicions tèrmiques de l'edifici:

NAU SUD (NAU 3)	Superfície (m ²)	U (W/m ² °C)
Mur de panell de formigó (U=2'1) amb aïllament (80% superfície)	1.400	0'74
Llosa de formigó	661	2'4
Coberta. Aïllament 4 cm	661	0'45
Total		1'2

Taula 2 - Característiques tèrmiques de la nau Sud.

NAU NORD (NAU 2)	Superfície (m ²)	U (W/m ² °C)
Mur de panell de formigó (U=2'1) amb aïllament (80% superfície)	3.240	0'74
Mur façana amb 60% vidre i 40% formigó amb aïllament (80% superfície)	360	2'6
Llosa de formigó	3.344	2'4
Coberta. Aïllament 4 cm	3.344	0'45
Total		1'21

Taula 3 - Característiques tèrmiques de la nau Nord.

5. NECESSITATS TÈRMiques.

5.1 Introducció.

Per buscar el confort en la instal·lació, s'ha de calcular les càrregues que produeixen el desequilibri energètic de l'edifici. Un cop realitzat aquest càlcul, s'ha d'aportar unes càrregues en sentit contrari a les que produeixen el desnivell per aconseguir l'equilibri.

S'haurà de tenir el compte les característiques de la nau que s'està realitzant el càlcul:

- Característiques constructives dels murs, terres i tàbics.
- Orientació de la façana.
- Factor solar i protecció de les superfícies amb vidres.
- Influència dels edificis propers.
- Horaris de funcionament dels diferents subsistemes i ús del local.
- Guanyos interns de calor.
- Índex de ventilació i d'extraccions.

També s'haurà de definir els paràmetres bàsics de càlcul:

- Establir els nivells de benestar requerits pels usuaris de la instal·lació.
- Delimitar les zones a climatitzar.
- Obtenir les superfícies dels locals.
- Estimar altres fonts de calor sensibles i latents.

5.2 Determinació de la zona climàtica.

Per tal de poder realitzar els càlculs pertinents per les càrregues tèrmiques, ens caldrà la temperatura ambient desitjada dins de la nau industrial. La temperatura ambient varia segons el clima de la zona on estigui situada l'empresa.

Per obtenir aquestes dades s'ha consultat la **taula 4** que tenim a continuació.

S'obté en funció de la diferència d'alçada que existeixi entre aquesta localitat i l'alçada de referència de la capital de la seva província. Si la diferència d'alçada fos menor de 200m o la localitat es trobés a una alçada inferior que la de referència, s'agafaria per aquesta localitat, la mateixa zona climàtica que la que correspon a la capital de província.¹

Capital de província	Capital	Altura de referència (m)	Desnivell entre la localitat y la capital de su província (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Àvila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Càceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitória-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Taula 4 - Zones climàtiques

La nau del projecte es troba en el municipi de Cassà de la Selva, que pertany a la de província de Girona. L'alçada de la zona on es troba es de 157m sobre el nivell del mar. Com la diferència d'alçada entre la capital de província i la localitat es inferior a 200metres ($157m - 143m = 14m$) la zona climàtica es **C2**.

¹ Document Bàsic HE Estalvi d'Energia. Apèndix D

5.3 Condicions exteriors de càlcul.

Segons la norma IRE 02.3² la elecció de les condicions exteriors es realitza en funció dels nivells percentils. Els nivells percentils a considerar segons la norma UNE 100014:2004³ son de 2.5% a l'estiu i 97.5% al hivern.

Les dades climàtiques de l'emplaçament de la nau (Cassà de la Selva) que s'ha tingut en compte per obtenir les condicions exteriors de càlcul han sigut, les indicades a la **Taula 4** de l'**Annex II** a l'apartat "Condicions exteriors del projecte", en la que hi ha una aproximació amb els percentils considerats a la norma anterior.

Les dades obtingudes són les següents:

- **Latitud:** 41°53'16" Nord
- **Longitud:** 02°52'30" Est
- **Altitud sobre el nivell del mar:** 157m
- **Temperatura seca pel règim de calefacció:** -1,9°C
- **Humitat relativa pel règim de calefacció:** 86%

La qualitat de l'aire exterior (ODA) es classifica d'acord als següents nivells:

- **ODA 1:** aire pur que s'embruta només temporalment (per exemple el pol·len)
- **ODA 2:** aire amb concentracions altes de partícules i/o de gasos contaminants.
- **ODA 3:** aire amb concentracions molt altes de gasos contaminants (ODA 3G) i/o de partícules (ODA 3P)

La qualitat de l'aire exterior a Cassà de la Selva es **ODA 1**.

5.4 Condicions interiors de càlcul.

D'acord a la norma IT 1.1.4.1.2², les condicions interiors de la temperatura i d'humitat relativa es fixen en base a l'activitat metabòlica de les persones, el grau de vestimenta i el percentatge estimat de insatsfets, i està compresa entre els següents límits:

ESTACIÓ	Temperatura operativa [°C]	Humitat relativa [%]
Estiu	23 ... 25	45 ... 60
Hivern	21 ... 23	40 ... 50

Taula 5 – Condicions interiors

Les condicions interiors considerades en aquest projecte son els següents:

- **Temperatura seca a l'hivern:** 22°C
- **Humitat relativa a l'hivern:** 50%

En funció de l'ús del local, la categoria de la qualitat de l'aire interior (IDA) que s'ha d'assolir es, com a mínim la següent:

- **IDA 1:** aire d'òptima qualitat (20 l/s·persona)
Hospitals, clíniques, laboratoris i guarderies.

² Instruccions Tècniques Complementaries (ITE)

³ Documentació: Recopilació de la norma UNE / AENOR

- **IDA 2:** aire de bona qualitat (12'5 l/s-persona)
Oficines, residències, sales de lectura, museus, aules d'ensenyança i piscines.
- **IDA 3:** aire de bona mitja (8 l/s-persona)
Edificis comercials, cines, teatres, salons d'actes, habitacions d'hotels, restaurants, cafeteries, bars, sales de festes, gimnasos
- **IDA 4:** aire de bona baixa (5 l/s-persona)

En aquest projecte s'ha d'assolir una qualitat de l'aire interior de **IDA 3**.

En funció de la qualitat de l'aire exterior (ODA) i de la qualitat de l'aire interior requerida (IDA), obtindrem les filtracions mínimes:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7 / F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 4	F7 / F9	F6 / F8	F6 / F7	G4 / F6
ODA 5	F6 / GF / F9	F6 / GF / F9	F6 / F7	G4 / F6

Taula 6 – Filtracions mínimes

En el nostre projecte, s'utilitzarà la classe de filtració **F7**.

Les instal·lacions tèrmiques dels edificis han de complir l'exigència del document DB-HR Protecció front al soroll⁴ del Codi Tècnic de l'Edificació, el qual exigeix un valor màxim de 50 dB.

5.5 Mètode de càlcul de les càrregues tèrmiques.

Les càrregues tèrmiques són la quantitat d'energia tèrmica per unitat de temps (potència tèrmica) que un recinte tancant intercanvia amb l'exterior degut a les diferents condicions entre l'interior i l'exterior, considerant les exteriors com les més desfavorables. El càlcul d'aquestes càrregues permet disposar dels sistemes adequats de calefacció per compensar-les.

Els locals de grans dimensions es dividirà per zones segons la seva orientació, ocupació, ús, guanyys internes, etc.

En el càlcul de les càrregues tèrmiques, es sol afegir un coeficient de seguretat del 10%.

Per realitzar aquest càlcul s'ha de diferenciar entre càrregues tèrmiques sensibles i càrregues tèrmiques latents:

- **Càrregues tèrmiques sensibles:** són les degudes a la diferència de temperatura i a la radiació tèrmica.
- **Càrregues tèrmiques latents:** són les càrregues tèrmiques per refredament del local degut a la ventilació i a les infiltracions de l'aire exterior.

⁴ Document Bàsic DB-HR "Protecció front al soroll"

Les càrregues tèrmiques es divideixen en:

- **Transmissió a través dels tancaments:** façanes, sostre i terra. Aquestes càrregues de tipus sensible es deuen a la diferència entre les temperatures de l'aire que toca les cares exteriors i interiors.
- **Radiació solar:** calor solar absorbit per les parets exteriors.
- **Ocupació del local:** les persones que ocupen un local generen calor sensible ja que la seva temperatura es major (aproximadament 37º) que la del local, i calor latent degut a la suor. Aquesta calor pot variar depenent del grau d'activitat i temperatura ambient.
- **Il·luminació:** l'enllumenat constitueix una font de calor sensible.
- **Equips o maquinària:** aquestes càrregues poden ser tant sensibles com latents depenent del tipus de màquina o motor que hagi en el local.
- **Ventilació i infiltració de l'aire:** aquestes càrregues, tant sensibles com latents, es deuen a la introducció de l'aire extern, que es troba a diferent temperatura i diferent percentatge de vapor d'aigua, per mantenir l'aire de l'interior de l'edifici amb un grau de puresa adequat.

5.6 Càlcul càrrega sensible.

A continuació es detallen els procediments per calcular les càrregues sensibles.

Càrrega per transmissió a través dels tancaments:

Aquestes càrregues existeixen quan hi ha una diferència de temperatura entre el mur interior i la temperatura ambient fora de la nau. Es calcula mitjançant la fórmula següent:

$$Q_{ts} = S \cdot U \cdot C_o \cdot (T_i - T_e)$$

(Eq. 1)

On:

Q_{ts}	Càrrega tèrmica sensible per transmissió [W]
S	Superfície del mur exposat a la diferència de temperatura [m ²]
U	Coefficient de transmissió tèrmica del tancament [W/m ² ·°C]
C_o	Coefficient d'orientació del tancament
T_i	Temperatura interior de la nau [°C]
T_e	Temperatura ambient de l'exterior de la nau [°C]

Els valors dels coeficients d'orientació dels tancaments es mostren a la següent taula:

MATERIAL	ORIENTACIÓ	FACTOR DEL VENT
Mur	Nord	1,2
Vidre		1,35
Mur	Sud	1
Vidre		1
Mur	Est	1,15
Vidre		1,25
Mur	Oest	1,1
Vidre		1,2
Coberta	Horitzontal	1

Taula 7 – Coeficient d'orientació del tancament

Es calcula per separat segons el coeficient global de transferència de calor i després es suma tot, per obtenir la càrrega de transmissió total.

- **Mur:**

$$Q_{MUR} = S_{MUR} \cdot U_{MUR} \cdot C_o \cdot (T_i - T_e)$$

- **Terra:**

$$Q_{TERRA} = S_{TERRA} \cdot U_{TERRA} \cdot (T_i - T_{terreny})$$

- **Coberta:**

$$Q_{COBERTA} = S_{COBERTA} \cdot U_{COBERTA} \cdot (T_i - T_e)$$

- **Finestres:**

$$Q_{FINESTRES} = S_{FINESTRES} \cdot U_{FINESTRES} \cdot C_o \cdot (T_i - T_e)$$

- **Portes:**

$$Q_{PORTES} = S_{PORTES} \cdot U_{PORTES} \cdot C_o \cdot (T_i - T_e)$$

La càrrega tèrmica de transmissió total:

$$Q_{Total\ transmissió} = Q_{MUR} + Q_{TERRA} + Q_{COBERTA} + Q_{FINESTRES} + Q_{PORTES}$$

(Eq. 2)

Càrregues per ventilació:

Un cop obtinguda la càrrega tèrmica de transmissió, es calcula la càrrega tèrmica de ventilació. Pel càlcul d'aquesta càrrega s'utilitza la següent equació:

$$Q_{sv} = Q_v \cdot C_e \cdot \delta \cdot (T_i - T_e)$$

(Eq. 3)

On:

Q_{sv}	Càrrega tèrmica sensible per ventilació [kcal/h]
Q_v	Cabal d'aire aportat [m ³ /h]
C_e	Calor específic de l'aire [kcal/kg·°C]
δ	Densitat de l'aire [kg/m ³]
T_i	Temperatura interior de la nau [°C]
T_e	Temperatura ambient de l'exterior de la nau [°C]

Calor específic de l'aire: 0,24 kcal/kg·°C

Densitat de l'aire a 10°C: 1,24 kg/m³

Segons les condicions descrites anteriorment, la qualitat de l'aire ha de ser IDA 3. Per tant, el cabal d'aire aportat ha de ser de 8 dm³/s·persona o 0,55dm³/s·m².

Aquestes càrregues s'obtidran en kcal/h però es realitzarà la següent conversió per obtenir les càrregues en W:

$$1W = 0,86 \frac{kcal}{h}$$

(Eq. 4)

Càrregues per ocupació:

Per calcular les càrregues per ocupació, es necessita el número de persones que estan treballant a la nau.

Els treballadors que hi ha a cada zona de la nau son els següents:

		Zona	Nº Ocupació
NAU SUD (3)	Ocupació	Encolat i Tria	5
		Expedicions	2
		Marcatge	2
		Esmeril	3
		Zona	Nº Ocupació
NAU NORD (1)	Ocupació	Carredors i magatzem suro bullit	3

Taula 8 – Número de treballadors segons la zona de la nau

A través de la **Taula 7** del **l'Annex II** obtindrem la càrrega sensible i la càrrega latent per persona i per grau d'activitat que te la nau.

En el nostre cas obtenim una càrrega sensible de 90 kcal/h

Amb aquestes dades, podem calcular la càrrega d'ocupació mitjançant la següent equació:

$$Q_{so} = \frac{S}{Ocupació} \cdot q_o$$

(Eq. 5)

On:

Q_{so}	Càrrega sensible per ocupació [kcal/h]
S	Superfície de la nau [m ²]
q_o	Càrrega sensible per persona [kcal/h]

Aquestes càrregues les obtindrem en kcal/h però farem la següent conversió per obtenir les càrregues en W:

$$1W = 0,86 \frac{kcal}{h}$$

(Eq. 6)

Càrregues per il·luminació:

Per calcular la càrrega tèrmica sensible aportada per la il·luminació, es considera que la potència de les llums d'il·luminació es transforma en calor sensible i s'utilitza la següent equació:

$$Q_{si} = S \cdot P \cdot f$$

(Eq. 7)

On:

Q_{si}	Càrrega sensible per il·luminació [W]
S	Superfície de la nau [m ²]
P	Potència de les llums d'il·luminació de les naus [W/m ²]
f	Factor de les llums

A continuació, tenim la il·luminació que tenim a cada nau:

		Zona	Tipus de enllumenat	Unitats	Potència llum [W/unitat]
NAU SUD (3)	Enllumenat	Encolat i Tria	Vapor Mercuri	5	400
		Expedicions	Vapor Mercuri	6	400
		Marcatge	Vapor Mercuri	2	400
		Esmeril	Vapor Mercuri	4	400

Taula 9 – Enllumenat Nau Sud (3)

		Zona	Tipus de enllumenat	Unitats	Potència llum [W/unitat]
NAU NORD (2)	Enllumenat	Corredors i magatzem suro bullit	Vapor Mercuri	3	400

Taula 10 – Enllumenat Nau Nord (2)

S'estima una càrrega per les llums de vapor de mercuri de 15 W/m². Els llums de vapor de mercuri tenen un factor igual a la unitat.

Càrregues per equips o maquinària:

Pel càlcul de les càrregues per equips o maquinària, es considera que la potència integrada de les màquines i dels equips que es troben a la nau es transforma en calor sensible.

Tot el llistat de les màquines i equips que s'ha considerat per aquest càlcul el trobarem a l'**Annex II** a la **Taula 10**. S'ha tingut en compte els equips i maquinària que tenen més potència.

5.7 Càlcul càrrega latent.

Càrregues per ocupació:

Per calcular aquestes càrregues, utilitzarem la mateixa **equació 5** que per les càrregues sensibles, canviant els valors de les càrregues per persona.

A través de la **Taula 7** del l'**Annex II** obtindrem la càrrega latent per persona i per grau d'activitat que té la nau. En aquest cas obtenim una càrrega latent per ocupació de 110 kcal/h.

Càrregues per ventilació:

Per calcular aquesta càrrega utilitzarem la següent equació:

$$Q_{lv} = Q_v \cdot \rho_a \cdot h_{fg} \cdot (\varpi_e - \varpi_i)$$

(Eq. 8)

On:

Q_{lv}	Càrrega latent per ventilació [W]
Q_v	Cabal de ventilació [m ³ /h]
ρ_a	Densitat de l'aire [kg/m ³]
h_{fg}	Calor latent de canvi d'estat de l'aigua [kcal/gr]
$\varpi_e - \varpi_i$	Diferència entre la humitat absoluta de l'aire exterior i interior de la nau [gr/kg]

A l'hora de realitzar els càlculs del producte $\rho_a \cdot h_{fg}$ s'ha considerat un factor de 0,72.

ϖ_e i ϖ_i s'han extret del diagrama psicomètric.

Un cop obtingudes totes les càrregues tèrmiques de calefacció, és a dir, la demanda de calor, realitzarem la suma de les càrregues tèrmiques sensibles i latents amb les següents fórmules:

$$Q_{Total\ ventilació} = Q_{sv} + Q_{lv}$$

(Eq. 9)

$$Q_{Total\ ocupació} = Q_{so} + Q_{lo}$$

(Eq. 10)

$$Q_{Total\ equips\ i\ maquinària} = Q_{sm} + Q_{lm}$$

(Eq. 11)

Per tant, la calor que es perd pels tancaments més la calor perduda per la ventilació (entra aire fred a l'interior) menys la calor aportada a l'interior (maquinària, equips, il·luminació i persones) és la calor a aportar pel sistema de calefacció.

$$Q_{calefacció} = Q_{Total\ Transmissió} + Q_{Total\ ventilació} - Q_{Total\ Ocupació} - Q_{Total\ Il·luminació} - Q_{Total\ equips\ i\ maquinària}$$

(Eq. 12)

5.8 Resum del càlcul de les càrregues totals.

Les càrregues tèrmiques totals que hem obtingut son les següents:

TAULA RESUM CÀRREGUES TÈRMiques		
Càrrega Tèrmica	W	KW
Calor total per transmissió	-449.671,2	-450
Calor total Ocupació Sensible	27.941,9	28
Calor total Enllumenat	60.075,0	60
Calor total Maquinària i equips	303.940,0	304
Calor total Ventilació Sensible	-65.858,7	-66
Calor total Ocupació Latent	34.151,2	34
Calor total Ventilació Sensible	-35.186,6	-35
	TOTAL	-125
	10% Seguretat	-137

Taula 11 – Càrregues tèrmiques totals

S'ha afegit un factor de seguretat del 10%. Un cop afegit aquest factor de seguretat obtenim una càrrega tèrmica de **140KW**.

6. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE CLIMATITZACIÓ PER PANELLS RADIANTS.

6.1 Principis bàsics.

Els panells tèrmics radiants s'utilitzen per escalfar grans ambients industrials o civils amb una alçada d'entre 2 a 50 metres. Aquests sistemes compleixen amb les exigències de silenci de funcionament i de l'absència de moviments d'aire calents.

El principi de funcionament d'aquest sistema és la transmissió de calor per radiació: durant l'hivern els panells es troben a temperatures majors que els objectes circumdants i emeten una radiació tèrmica que es transforma en calor al contacte amb un cos (persona, superfície, paviment, maquinària, etc.) I a la vegada, tots els cossos coberts per aquesta radiació, transmeten al seu voltant una font de calor, cedint calor novament per radiació o convecció.

Una font de calor radiant puntual, irradia la seva energia tèrmica en totes direccions. Els panells radiants, irradien la seva energia tèrmica cap a la part inferior del panell. D'aquesta manera es crea una distribució en forma de "con".

6.2 Fabricant escollit.

El fabricant de panells radiants escollit pel projecte, és de la marca Zehnder. És una empresa multinacional amb la seu central a Suïça. Està present en tot el món i és líder europeu en la fabricació de radiadors a mida.

L'empresa disposa dels certificats ISO 9001 i 14001. Els sistemes radiants compleix la norma EN 14037.

6.3 Avantatges dels sistemes de panells radiants.

Els avantatges que té aquest sistema són els següents:

Rendibilitat:

- Permet estalviar més d'un 40% d'energia comparat amb altres sistemes de calefacció.
- Les variacions de temperatura són menors.
- Permeten una lliure selecció de font d'energia.
- L'energia mecànica motriu no suposa cap cost elèctric addicional.

Ambient agradable:

- La temperatura percebuda és aproximadament de 3°C superior a la temperatura de l'aire.
- No crea una circulació d'aire i no aixeca pols, evitant al·lèrgies i refredats.
- Hi ha una distribució uniforme de la calor per tot l'espai.
- Hi ha una distribució uniforme de la temperatura per tota l'altura de l'edifici.
- El funcionament de la climatització és ràpidament perceptible.
- És un sistema completament silencios.

Tecnologia:

- Les superfícies de terra i parets són aprofitades en la seva totalitat.
- El sistema reacciona amb extrema rapidesa davant de les variacions de temperatura.
- Té un fàcil muntatge.
- L'aïllament tèrmic ve muntat de fàbrica.

Varietat de productes:

- Hi ha disponible 7 models estàndard de Zehnder ZBN (de entre 2 i 8 tubs) amb una amplada d'entre 300 i 1200 mm.
- Les bandes poden arribar a tenir una longitud màxima d'aproximadament 120m
- Estan pintats en pols epoxi d'alta qualitat en qualsevol color.

6.4 Aspectes constructius dels panells radiants.

Els sostres radiants estan compostos per una xapa d'acer galvanitzada a les dos cares amb un espessor de 0,5mm amb motlures de gran profunditat on s'allotgen els tubs (**Figura 4**).

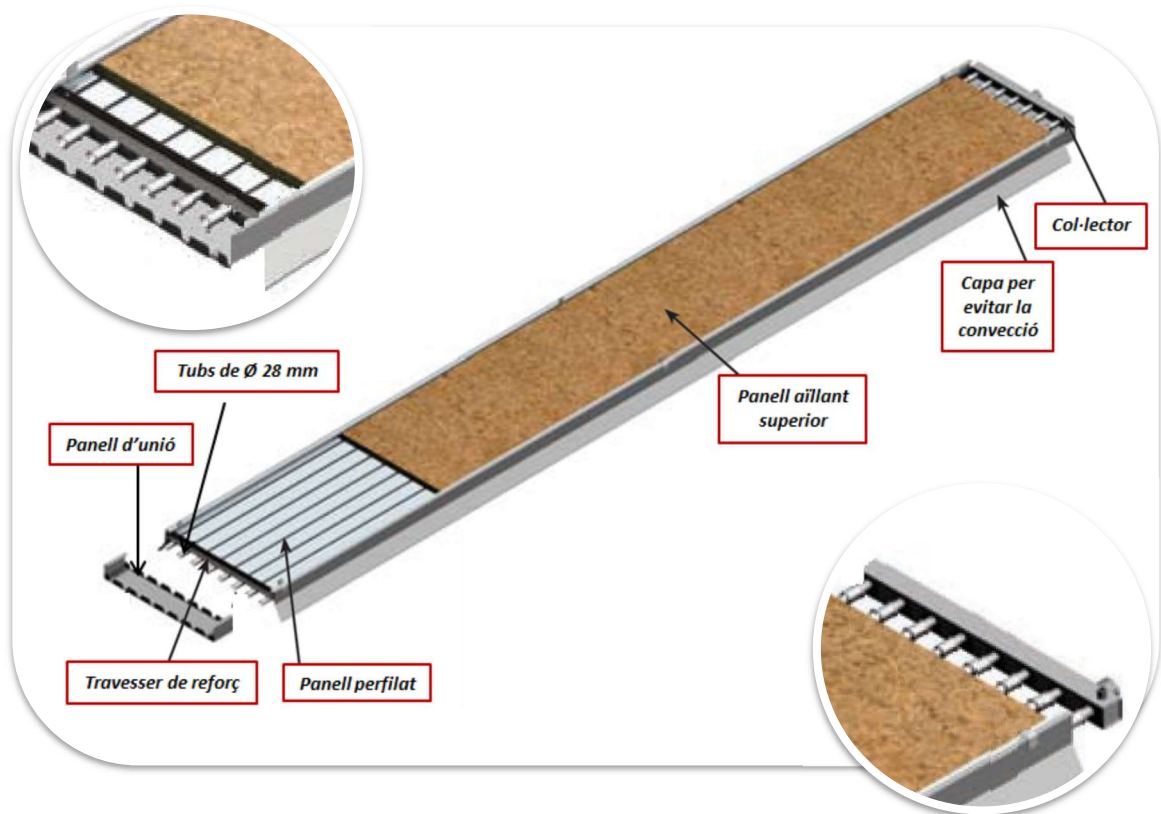


Figura 4 – Aspectes constructius dels panells radiants

Els tubs d'acer tenen una precisió de 28mm de \varnothing exterior i 1,5mm de gruix.

Una execució precisa assegura, inclús després d'un any de funcionament, un perfecte contacte entre canonades i panells radiants i aconsegueix arribar als valors més alts d'emissió tèrmica.

Els panells tèrmics difonen calor una part per irradiació (la majoria) i un altre part per convecció (la minoria). En algunes condicions particulars com en locals d'elevada altura o en presència de moviments d'aire sensible, la part d'energia transmesa per convecció podria augmentar fent disminuir la eficiència radiant influint negativament en l'economia de gestió de la instal·lació. Per impedir aquets problema es pot utilitzar les capes de protecció lateral que creen una barrera als fluxos i redueixen l'efecte de convecció. D'aquesta manera, serveix com aïllament tèrmic i també per l'absorció acústica.

Per la unió entre els diferents panells radiants, es preveu l'aplicació d'un panell d'unió. En el costat superior, amb entre-eix d'aproximadament un metre, existeixen uns travessers que serveixen per fixar, utilitzats també per ancoratge.

Per recuperar la irradiació cap a dalt es preveu la aplicació de panells de fibra mineral protegida en el costat superior per panell kraft.

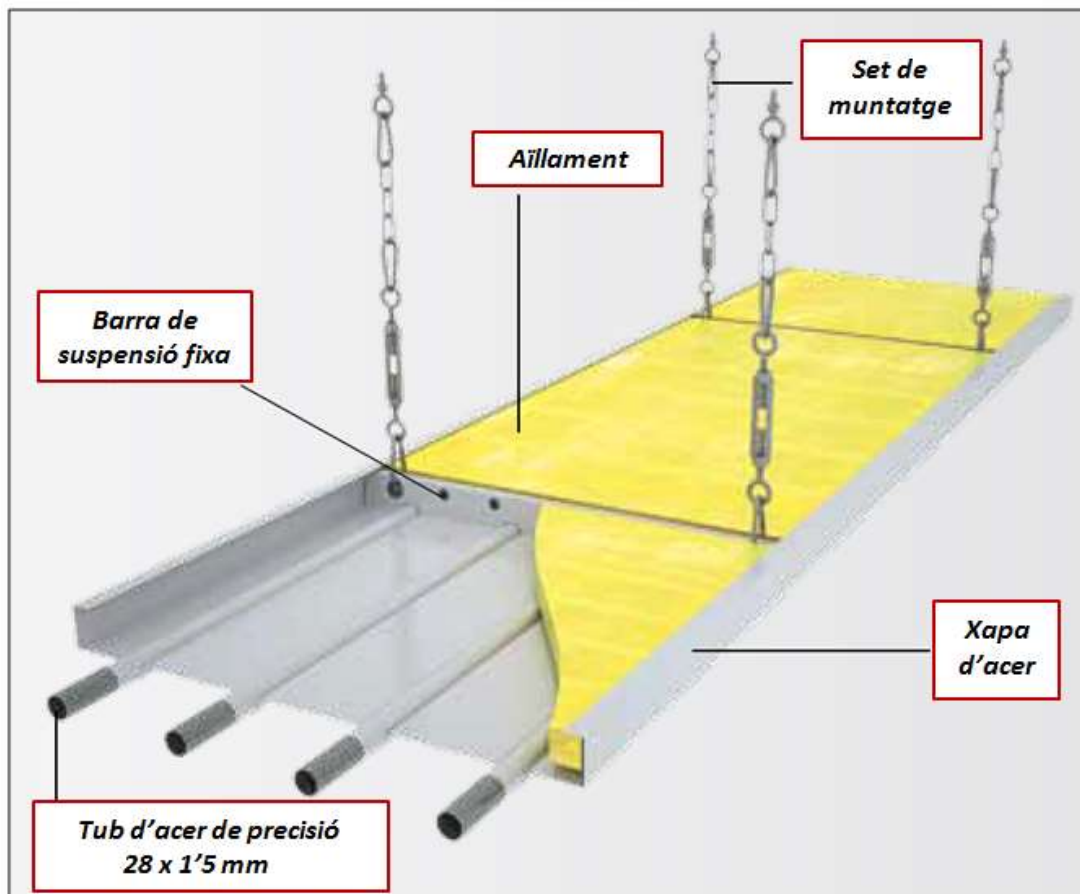


Figura 5 – Unió entre els diferents panells radiants

Els col·lectors són de secció quadrada i es subministren no soldats als panells tèrmics. El color estàndard és gris clar RAL9002.

Les amplades estàndards de construcció són: 300, 450, 600, 750, 900, 1050 i 1200 mm. Una banda de sostre radiant pot estar compost per varis elements individuals disposats de forma consecutiva.

Els elements individuals es fabriquen en longituds de fins a 7'5m.

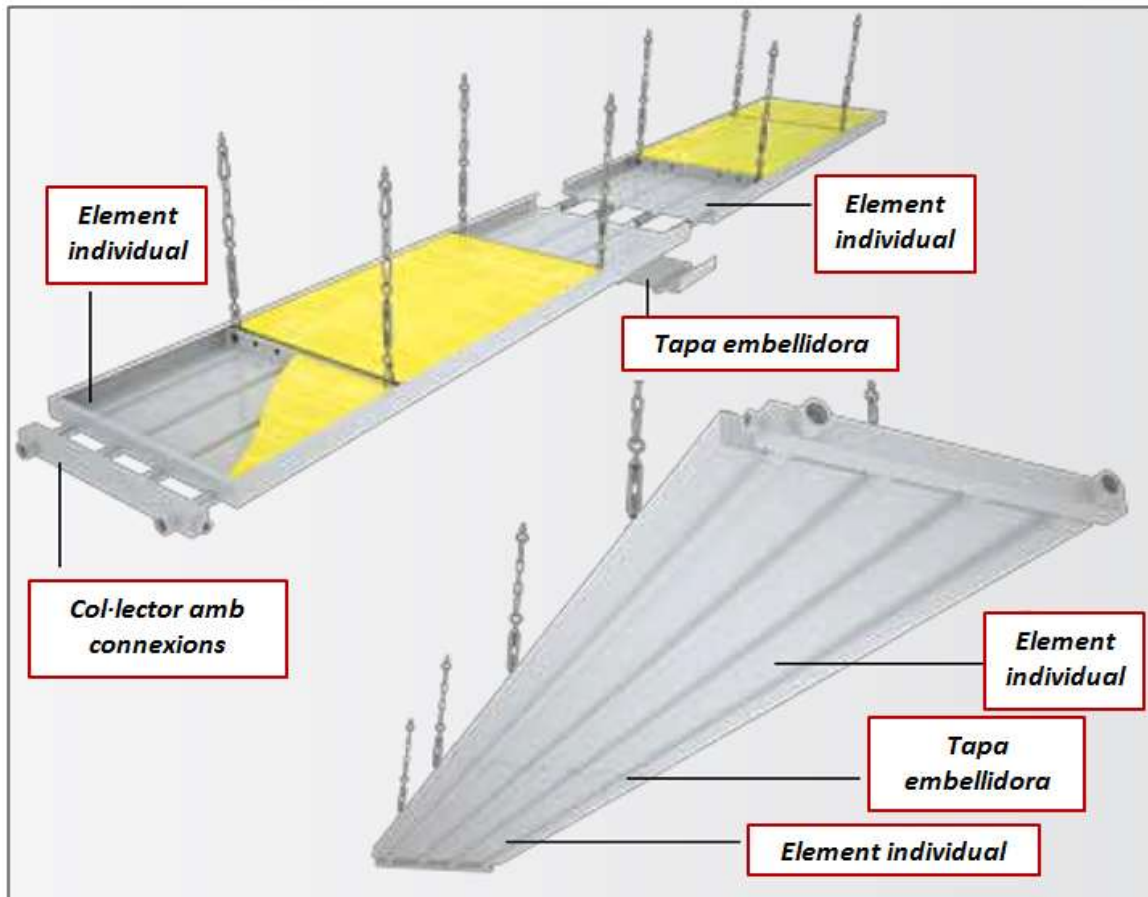


Figura 6 – Unió entre els panells radiants

Els sostres radiants es poden subministra amb la superfície llisa o perforada. La superfície està recoberta amb un lacat en pols termoendurit d'alta qualitat.

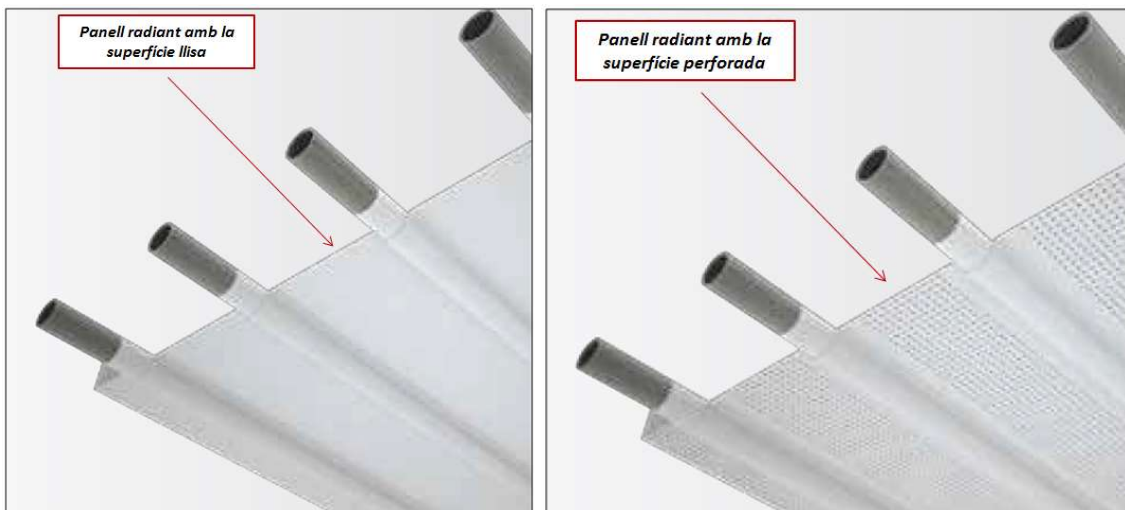


Figura 7 – Diferents tipus de superfície dels panells radiants

Els panells radiants es poden suspendre de dos formes diferents:

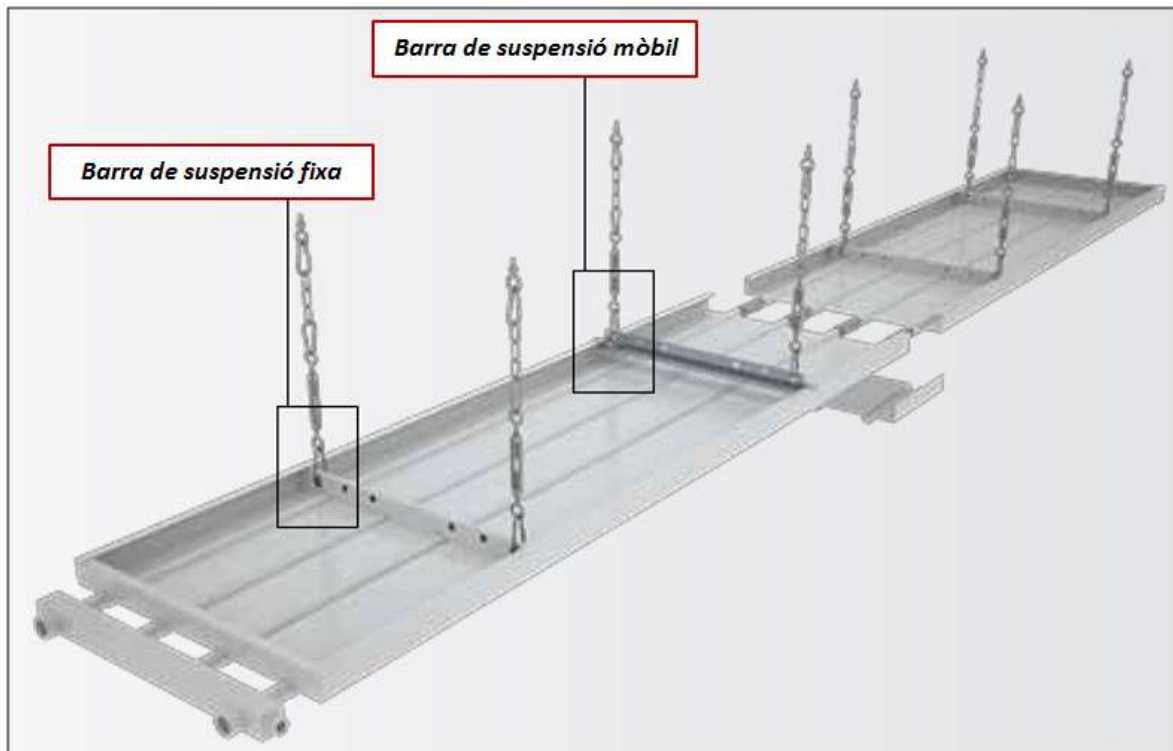


Figura 8 – Sistemes de suspensió dels panells

En el cas de les barres de suspensió fixes, els punts de subjecció es troben en un punt fixa de les plaques i no es poden moure.

Les barres de suspensió mòbils, en canvi, es poden moure en sentit longitudinal per adaptar-se a la perfecció a les particularitats arquitectòniques.

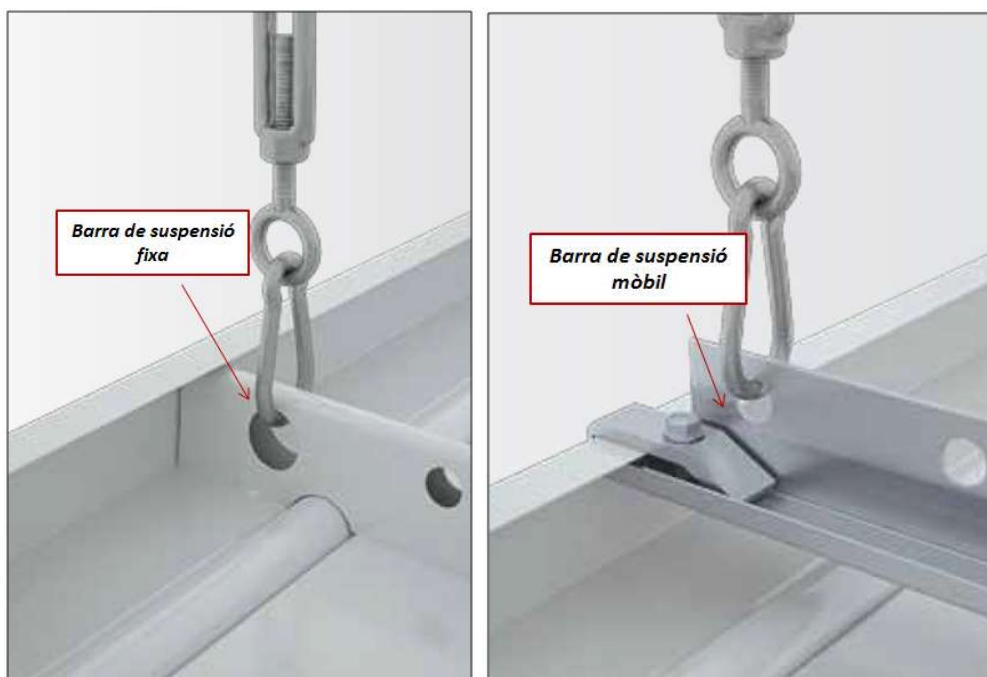


Figura 9 – Barres de suspensió fixes i mòbil.

La fixació es pot efectuar utilitzant els dos orificis posats en les extremitats dels travessers de reforç. En els orificis s'introdueix uns ganxos en els quals es fixa la cadena que s'ha de ancorar a la estructura mestre de la nau industrial. En els casos que no es pugui utilitzar travessers com a punt de ancoratge, per exemple quan es deuen seguir particulars vincles determinats per el tipus de coberta, es poden utilitzar ganxos corredissos. Aquets permeten fixar el panell tèrmic en qualsevol punt on està present la connexió a la coberta.

Si hi ha dos o més elements individuals o un col·lector és obligatori unir-los entre si. Existeixen dos formes per unir els tubs. Es poden unir mitjançant soldadura o a través de press fittings. Els punts de unió es dissimulen amb una tapa embellidora.

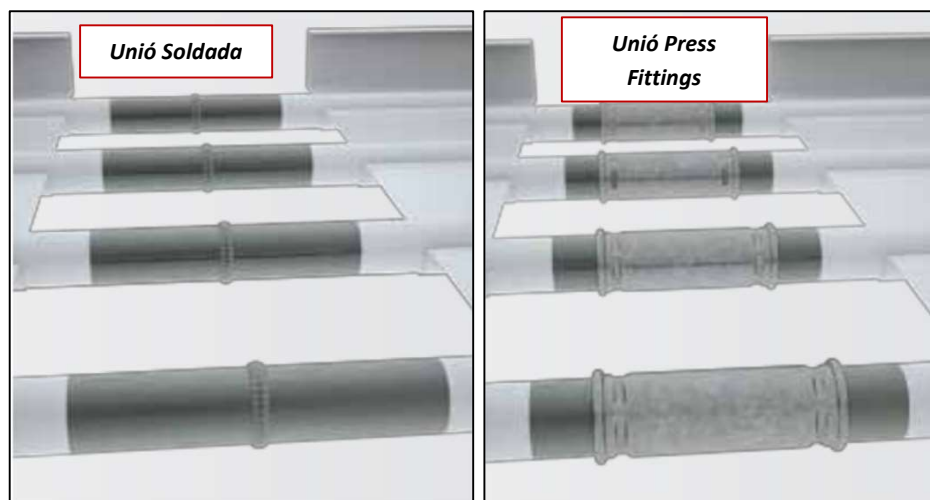


Figura 10 – Tipus d'unió entre elements individuals i els col·lectors

La unió soldada és universal i s'adequa a totes les temperatures, totes les amplades i longituds de bandes, així com a totes les connexions hidràuliques. Amb aquest procediment, els tubs s'uneixen sense deixar cantonades i es solden uns amb altres alternativament començant pels tubs exteriors i acabant pels interiors.

Si es realitza la unió entre les bandes tèrmiques mitjançant el ràcord de premsa tipus press fitting es pot garantir una estanquitat perfecte. S'utilitzen aquest ràcords perquè el tub utilitzat en les bandes tèrmiques, tant de diàmetre \varnothing 28 mm com \varnothing 22 mm, respecta exactament les característiques dimensionals definides pels principals productes de press fitting. Els panells estàndard es poden utilitzar fins a una temperatura de 120°C i amb pressions de funcionament fins a 4 bars. Es pot demanar panells especials amb una pressió de funcionament màxima de 16 bars i temperatura 180°C. Els press fitting es poden utilitzar amb una temperatura màxima de 95°C, o 4'5 bars absoluts amb una temperatura màxima de 148°C.

Per poder utilitzar les unions press fittings amb fiabilitat, s'ha desenvolupat un programa exclusiu. Amb l'ajuda d'aquest programa, Zehnder comproba la fiabilitat dels sostres radiants que es realitzaran el muntatge i subministra els press fittings adequats. D'aquesta manera es garanteix una hermeticitat de llarga duració.

Amb la independència de l'efecte calefactor, el sostre radiant també es pot aplicar per l'absorció acústica. L'aïllament tèrmic absorbeix les ones sonores que li arriben a través de les perforacions de la xapa del sostre radiant, reduint considerablement el nivell del soroll o el temps de reverberació.

A més, es poden allotjar diferents elements, com per exemple llums, detectors de incendis, altaveus, etc. Es pot realitzar talls en el sostre radiant.



Figura 11 – Muntatge de llums en els panells radiants

En el nostre cas, no caldrà instal·lar llums ni detectors d'incendis ja que ja estan instal·lats a la nau.

En alguns àmbits d'aplicació i per motius de higiene, es pot muntar a sobre del sostre una xapa antipols. Això permet netejar fàcilment aquesta part del sostre.

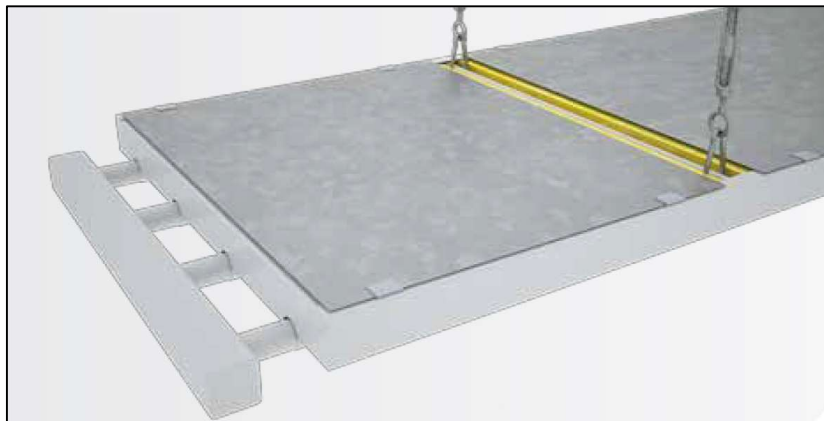


Figura 12 – Xapa antipols

També els col·lectors es dissimulen amb una tapa embellidora com la de la **Figura 13**.

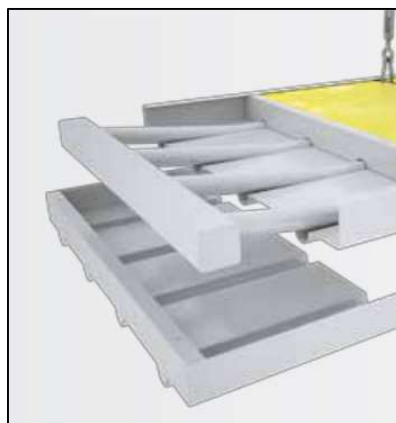


Figura 13 – Tapa embellidora per als col·lectors

Disposen també d'una xapa radiant modular, que permet que la llum penetri sense restriccions:



Figura 14 - Xapa radiant modular

Per adaptar-se a la arquitectura, o simplement com a element decoratiu, els sostre radiants es poden fabricar també en angle:

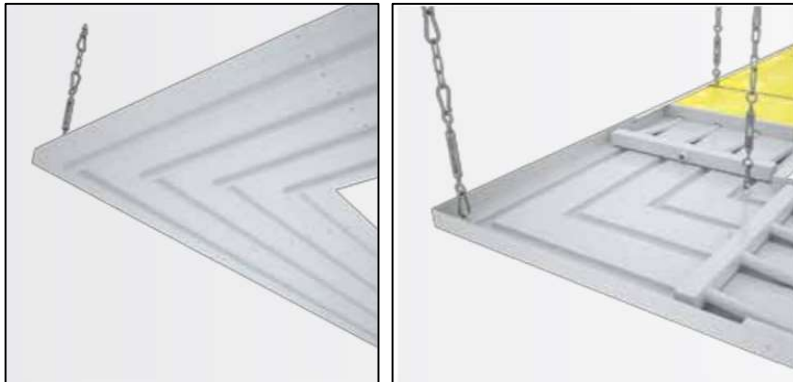


Figura 15 – Angles pels panells radiants

6.5 Sistemes de muntatge dels panells radiants.

Per realitzar el muntatge dels sostres radiants, disposen de 5 sets estàndard de muntatges:

- **Coberta de formigó:**

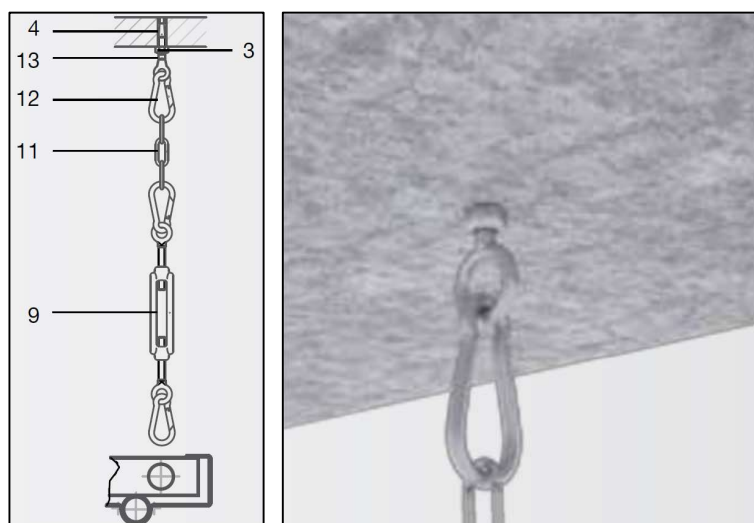


Figura 16 – Muntatge coberta de formigó

- **Perfil d'acer:**

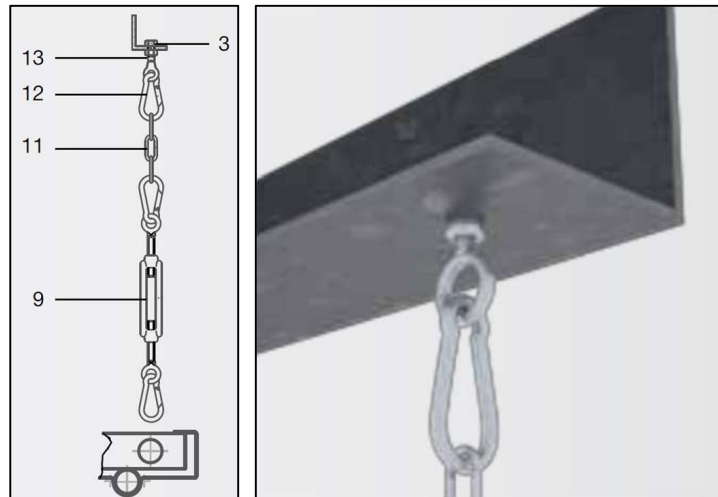


Figura 17 – Muntatge perfil d'acer

- **Xapa trapezoidal:**

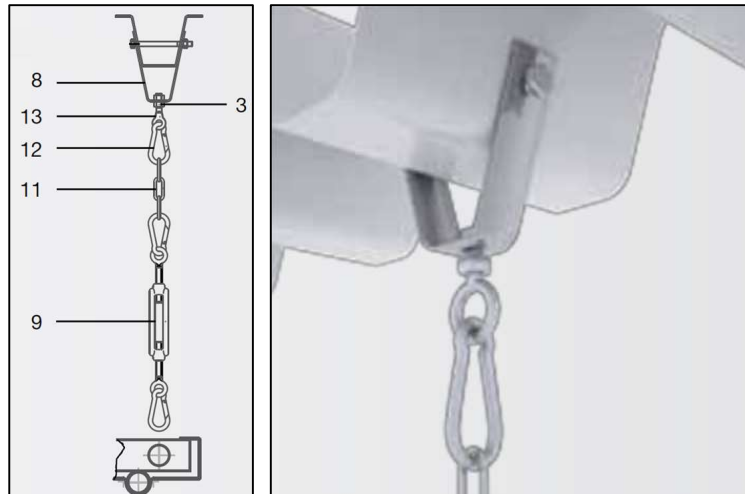


Figura 18 – Muntatge xapa trapezoidal

- **Biga d'acer inclinada:**

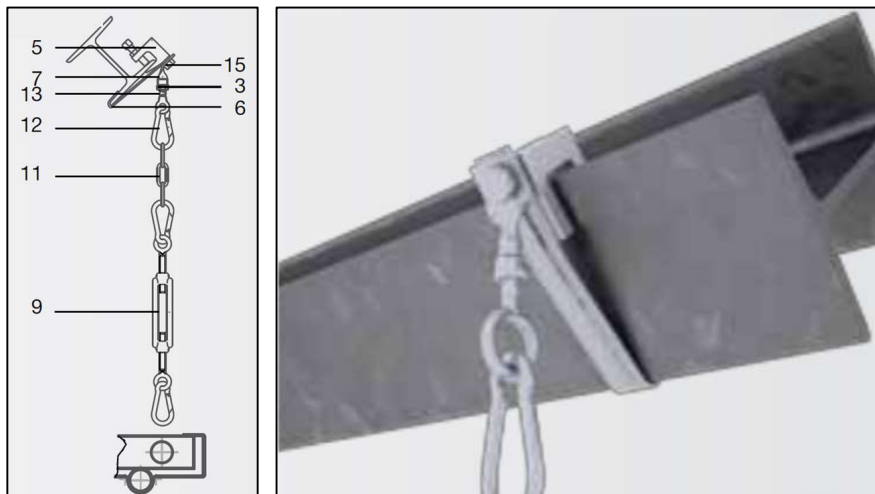


Figura 19 – Muntatge biga d'acer inclinada

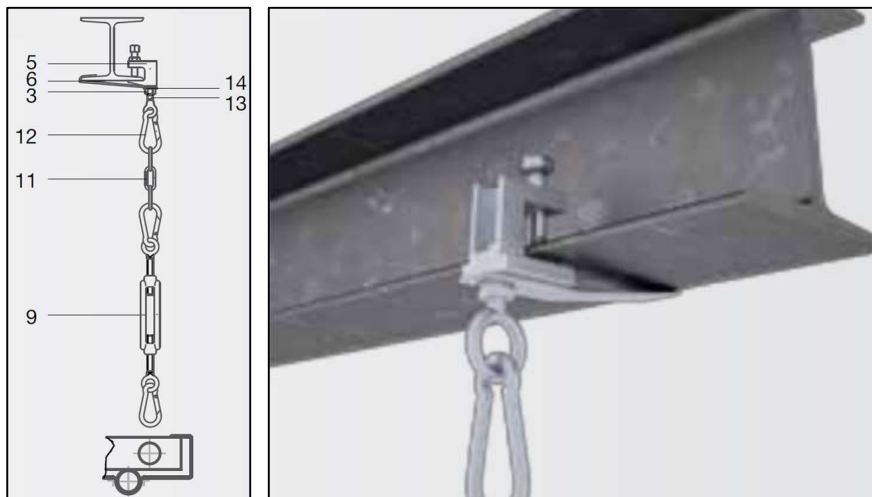
- **Biga d'acer horitzontal:**

Figura 20 – Muntatge biga d'acer horitzontal

On:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 3 – Rosca hexagonal | 9 – Tensor amb dos anelles |
| 4 – Espiga d'acer | 11 – Cadena |
| 5 – Grapa de fixació | 12 – Mosquetó |
| 6 – Brida de seguretat | 13 – Armelles |
| 7 – Cargol | 14 – Volanderes |
| 8 – Suspensor trapezoidal | 15 – Cargol amb cap hexagonal |

En el nostre cas, com la coberta de la nau es de formigó, realitzarem el muntatge explicat a la **Figura 16**.

7. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ DE PANELLS RADIANTS.**7.1 Paràmetres inicials de disseny.**

Durant el càlcul d'una instal·lació de calefacció, el benestar tèrmic es basa en l'obtenció de la temperatura ambient desitjada (t_i). Els panells radiants, per tant, estan dimensionats segons el mètode de càlcul habitual de les potències tèrmiques necessàries, amb l'objectiu que el panell sigui capaç de subministrar la potència necessària per compensar les pèrdues, tant per transmissió com per ventilació sofertes a través de l'envoltant de l'edifici.

Per tant, com hem calculat anteriorment, necessitarem una potència tèrmica de 140KW (**Taula 11**).

Aquest sistema té diferents modalitats de connexió entre els panells tèrmics. Aquestes connexions poden ser asimètrica, simètrica, pel mateix costat o costats oposats i també pot variar el número de tubs en paral·lel.





Figura 21 – Modalitats de connexió entre els panells

Si hi ha bandes suspeses lliurement, es pot establir una connexió d'aigua asimètrica. Si es munta en un fals sostre, es recomana realitzar una connexió simètrica per mantenir la dilatació homogènia.

Per normal general, les particularitats arquitectòniques condicionen el tipus de connexió. La quantitat de tubs es calcula a partir del caudal mínim d'aigua necessari per la banda.

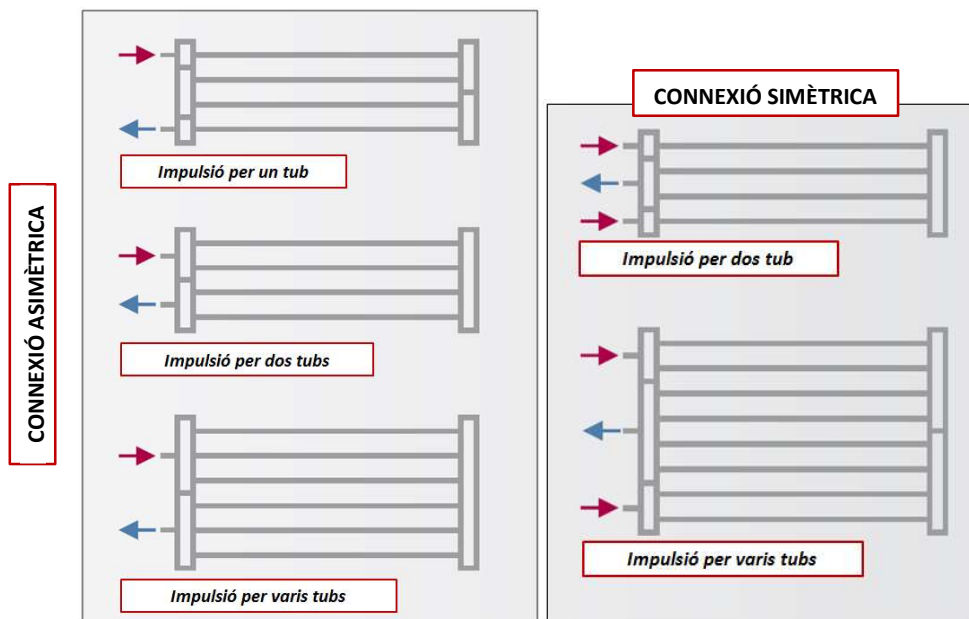


Figura 22 – Connexió pel mateix costat

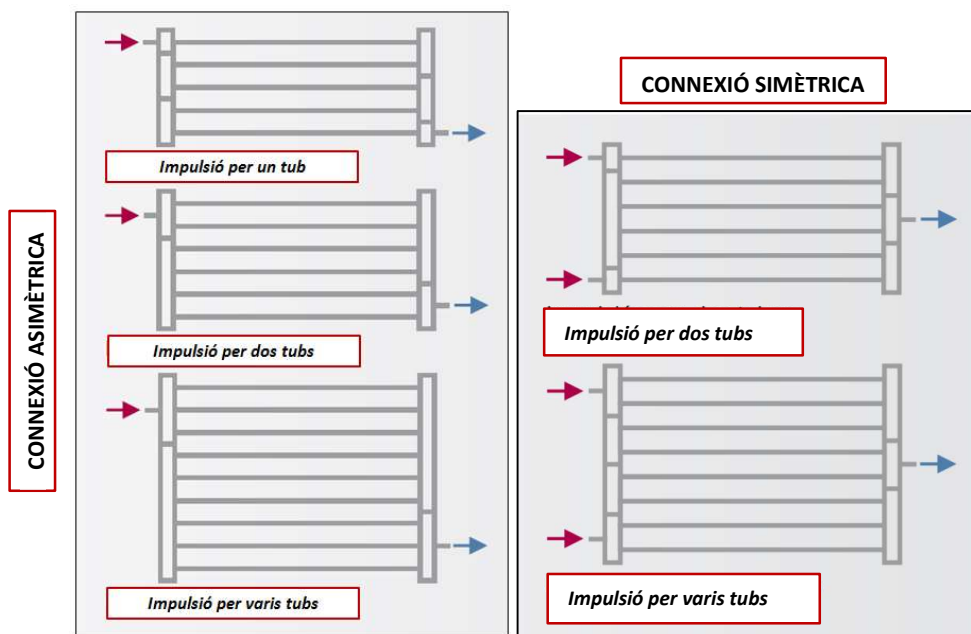


Figura 23 - Connexió pels costats oposats

En el nostre cas, dissenyarem els panells radiants amb connexió asimètrica i pel mateix costat:

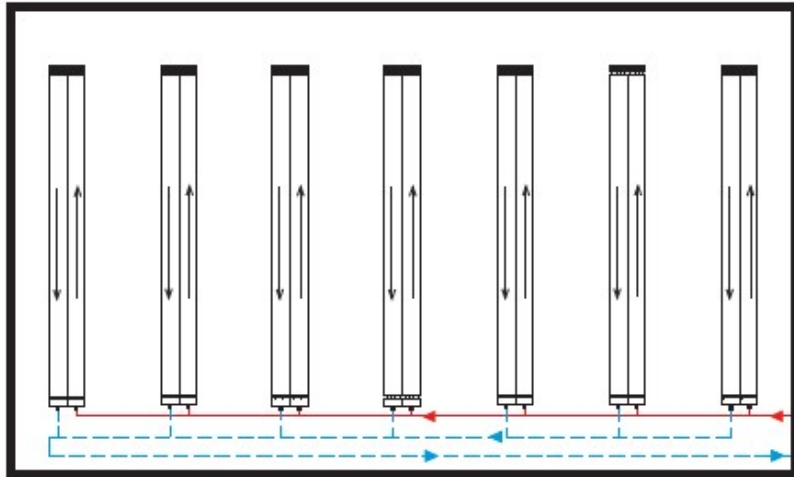


Figura 24 – Connexió asimètrica i del mateix costat

Hem escollit aquest sistema de connexió perquè d'aquesta manera tots els panells radiants rebran la mateixa temperatura. Per contra, no tindran tots els panells el mateix cabal. Per aquest motiu, haurem d'instal·lar aixetes d'equilibrat hidràulic.

7.2 Disseny i distribució dels panells radiants.

Per poder dissenyar la distribució de panells radiants, en primer lloc calculem la temperatura mitjana de l'aigua que circula per les canonades.

Dades inicials:

- Potència necessària: 140KW
- Alçada de la nau: 7m
- Temperatura interior (sensació tèrmica): 22°C
- Temperatura d'impulsió: 80°C
- Temperatura de retorn: 70°C
- Renovacions d'aire: 1 l/h

Utilitzarem la següent equació per calcular temperatura mitjana:

$$T_m = \frac{(t_i + t_r)}{2}$$

(Eq. 13)

Mitjançant la **equació 13** obtenim la següent temperatura:

$$T_m = \frac{(80 + 70)}{2} = 75^\circ\text{C}$$

(Eq. 14)

A continuació calculem l'increment de temperatura mitjana (ΔT_m) entre la temperatura mitjana de l'aigua i la temperatura interior de la nau:

$$\Delta_{Tm} = T_m - T_i$$

(Eq. 15)

A través de la **equació 15**, obtenim el següent increment de temperatura:

$$\Delta_{Tm} = 75^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C} = 54^{\circ}\text{C}$$

(Eq. 16)

Amb aquestes dos dades podem obtenir la potència tèrmica per calefacció en funció del ΔT que s'obté dels panells radiants mitjançant la següent equació:

$$Q = k \cdot (\Delta_{Tm})^n$$

(Eq. 17)

On:

Q	Potència tèrmica panells radiants [W/m]
k	Constant del rendiment tèrmic [W/m·°C]
Δ_{Tm}	Increment de temperatura mitjana [°C]
n	Exponent del rendiment tèrmic

En el nostre cas, utilitzarem el model ZBN 1200/8 de panells radiants. Amb aquestes dades podem buscar a la **taula 15 de l'Annex III** el valor de k i n que ens facilita el fabricant per obtenir la potència tèrmica dels panells i dels col·lectors:

- **Panells radiants:**

$$k = 6,026$$

$$n = 1,176$$

$$Q = 6,026 \cdot (54)^{1,176} = 657,64 \frac{\text{W}}{\text{m}} \simeq 658 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

(Eq. 18)

- **Col·lectors:**

$$k = 2,856$$

$$n = 1,213$$

$$Q = 2,856 \cdot (54)^{1,213} = 360,7 \frac{\text{W}}{\text{m}} \simeq 361 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{parell de col·lectors}$$

(Eq. 19)

Obtenim una potència tèrmica pels panells del model de **ZBN 1200/8** de 658 W/m i 361 W per parell de col·lectors.

Per tant, podem saber els metres de panells radiants que haurem d'instal·lar a la nau projectada segons la potència necessària:

$$\frac{\text{Potència}}{\text{Rendiment}} = \frac{140.000\text{W}}{658\text{W/m}} = 212,76 \text{ m} \simeq 213\text{m}$$

(Eq. 20)

Una vegada tenim els paràmetres necessaris per les necessitats de la nau, es comença per definir la quantitat, mides i situació dels panells a les diferents zones de la nau:

NAU 2 (NORD)					
	Tipus	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	m2
Carredores	Zehnder ZBN 1200/8	Z1	12	1,2	14,4
	Zehnder ZBN 1200/8	Z2	12	1,2	14,4
	Zehnder ZBN 1200/8	Z3	4	1,2	4,8
	Zehnder ZBN 1200/8	Z4	14	1,2	16,8

Taula 12 – Dimensions Panells radiants Nau 2

NAU 3 (SUD)					
	Model	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	m2
Tria de discos	Zehnder ZBN 1200/8	Z5	21	1,2	25,2
Esmeril	Zehnder ZBN 1200/8	Z6	22	1,2	26,4
	Zehnder ZBN 1200/8	Z7	22	1,2	26,4
	Zehnder ZBN 1200/8	Z8	3	1,2	3,6
Encolat i tria	Zehnder ZBN 1200/8	Z9	10	1,2	12
	Zehnder ZBN 1200/8	Z10	10	1,2	12
	Zehnder ZBN 1200/8	Z11	14	1,2	16,8
	Zehnder ZBN 1200/8	Z12	10	1,2	12
Marcatge	Zehnder ZBN 1200/8	Z13	22	1,2	26,4
Expedició	Zehnder ZBN 1200/8	Z14	14	1,2	16,8
	Zehnder ZBN 1200/8	Z15	12	1,2	14,4

Total longitud Panells Radiants [m]	202 m
Total m2 Panells Radiants	242,4 m2

Taula 13 – Dimensions Panells radiants Nau 3

Necessitarem 30 col·lectors, ja que cada línia de panells radiants porta un col·lector a cada extrem per unir amb les canonades. Com la potència dels col·lectors es per parell de col·lectors, s'haurà de tenir en compte 15 parelles de col·lectors.

Per tant, la potència tèrmica total és:

$$P = 202m \cdot \frac{658W}{m} + 15 \text{ col·lectors} \cdot \frac{362W}{m} \cdot \text{col·lector} = 138346W \approx 138KW$$

(Eq. 21)

Com l'altura de la instal·lació es major a 6m, s'ha de corregir el valor de la potència. Els coeficients multiplicatius son els següents:

Alçada de la nau [m]	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10	11	12
Coefficient	1	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88	0,87	0,86

Taula 14 – Coeficient correctiu segons l'alçada de la nau

Mirant la **taula 14**, s'obté un factor correctiu de 0'97 per una alçada de 7 metres. Per tant, la potència corregida es la següent:

$$139KW \cdot 0'96 = 133,5 KW$$

Comprovem que la distribució dels panells radiants a la nostre instal·lació és correcta.

Aquesta distribució s'ha dissenyat de tal manera que abasti el màxim les àrees on es concentren els treballadors.

Per determinar una distribució uniforme i homogènia de la irradiació a l'àrea que s'ha d'escalfar, la distància màxima entre dos panells de dos línies tèrmiques ha de ser inferior al valor de l'alçada de la instal·lació:

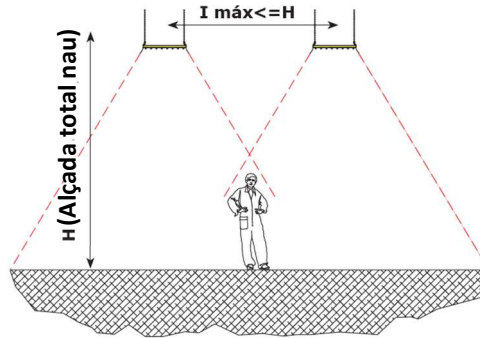


Figura 25 - Distància màxima entre dos panells

Així doncs, es fa una distribució de tots els panells a les diferents zones de la nau com es pot veure a les **figures 26, 27, 28, 29 i 30** que corresponen als **plànols 5 i 6** del document **nº3 Plànols**.

Nau 2 (Nord):

- **Carredors i magatzem de suro bullit:**

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]
Carredores	Z1	12	1,2	2	5,96	5,96
	Z2	12	1,2	2	5,96	5,96
	Z3	4	1,2	1	3,96	-
	Z4	14	1,2	2	6,96	6,96

Taula 15 - Mides elements individuals zona Carredores

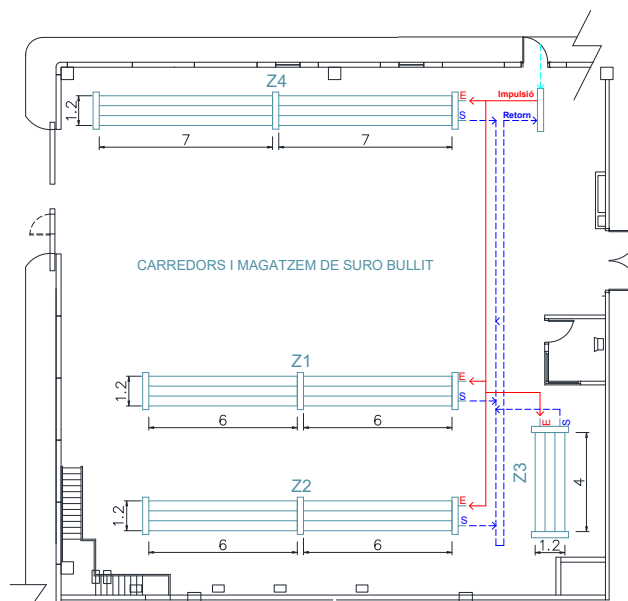


Figura 26 – Distribució panells radiants zona Carredors i magatzem de suro bullit

Nau 3 (Sud):**- Tria de discos:**

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]	Longitud Element 3 [m]
Tria de discos	Z5	21	1,2	3	6,95	6,95	6,95

Taula 16 - Mides elements individuals zona Tria de discos

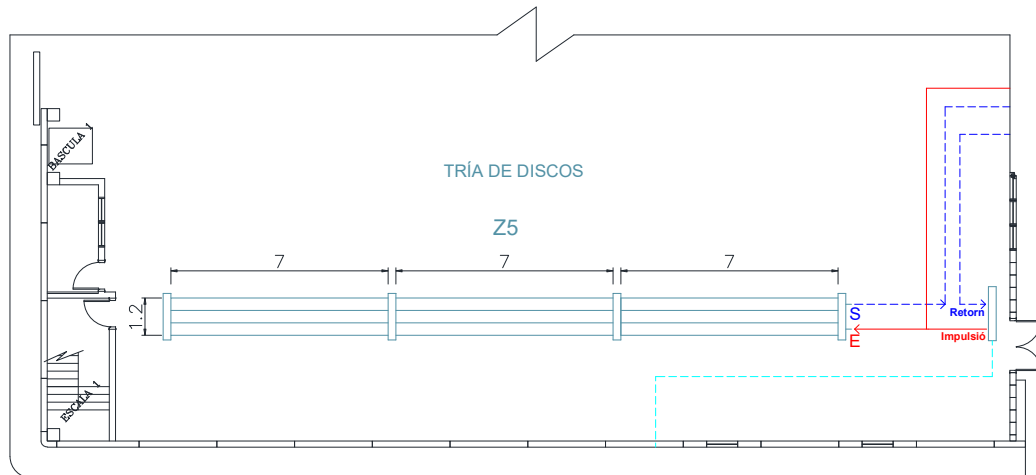


Figura 27 – Distribució Panells radiants zona Tria de discos

- Esmeril:

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]	Longitud Element 3 [m]
Esmeril	Z6	22	1,2	3	7,29	7,29	7,29
	Z7	22	1,2	3	7,29	7,29	7,29
	Z8	3	1,2	1	2,96	-	-

Taula 17 - Mides elements individuals zona de Esmeril

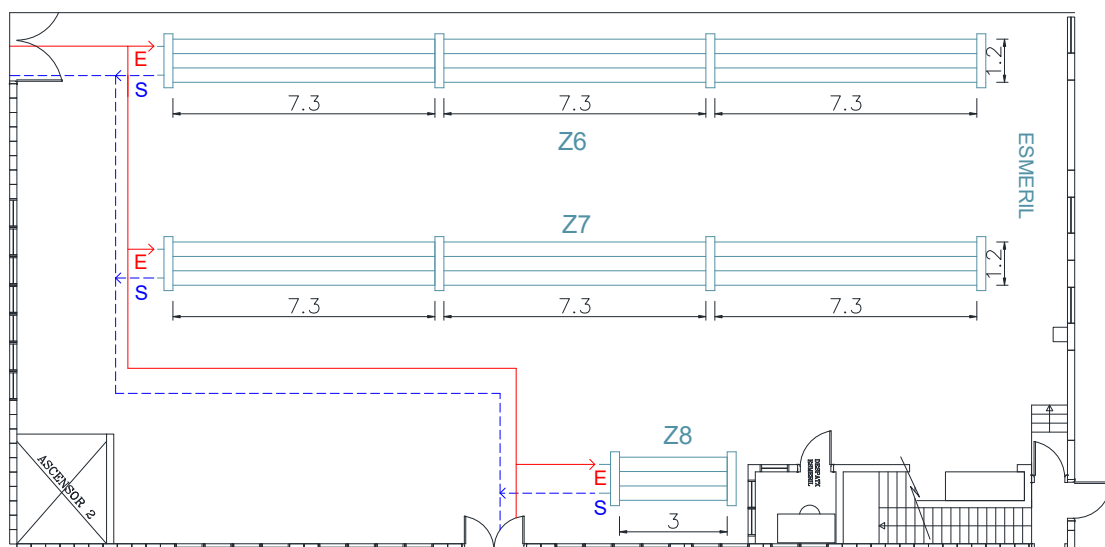


Figura 28 – Distribució panells radiants zona Esmeril

- **Encolat i tria:**

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]
Encolat i tria	Z9	10	1,2	2	4,96	4,96
	Z10	10	1,2	2	4,96	4,96
	Z11	14	1,2	2	6,96	6,96
	Z12	10	1,2	2	4,96	4,96

Taula 18 - Mides elements individuals zona de Encolat i tria

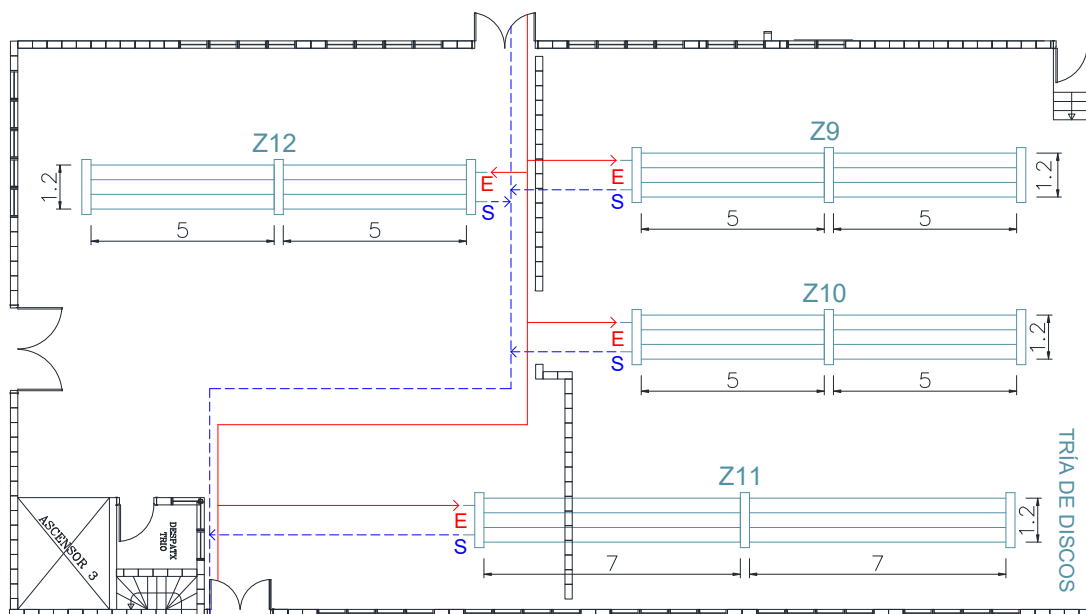


Figura 29 – Distribució panells radiants zona encolat i tria

- **Marcatge i Expedicions:**

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]	Longitud Element 3 [m]
Marca	Z13	22	1,2	3	7,29	7,29	7,29

Taula 19 - Mides elements individuals zona del marcatge

	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	Nº Elements individuals	Longitud Element 1 [m]	Longitud Element 2 [m]
Expedició	Z14	14	1,2	2	6,96	6,96
	Z15	12	1,2	2	5,96	5,96

Taula 20 - Mides elements individuals zona de l'expedició

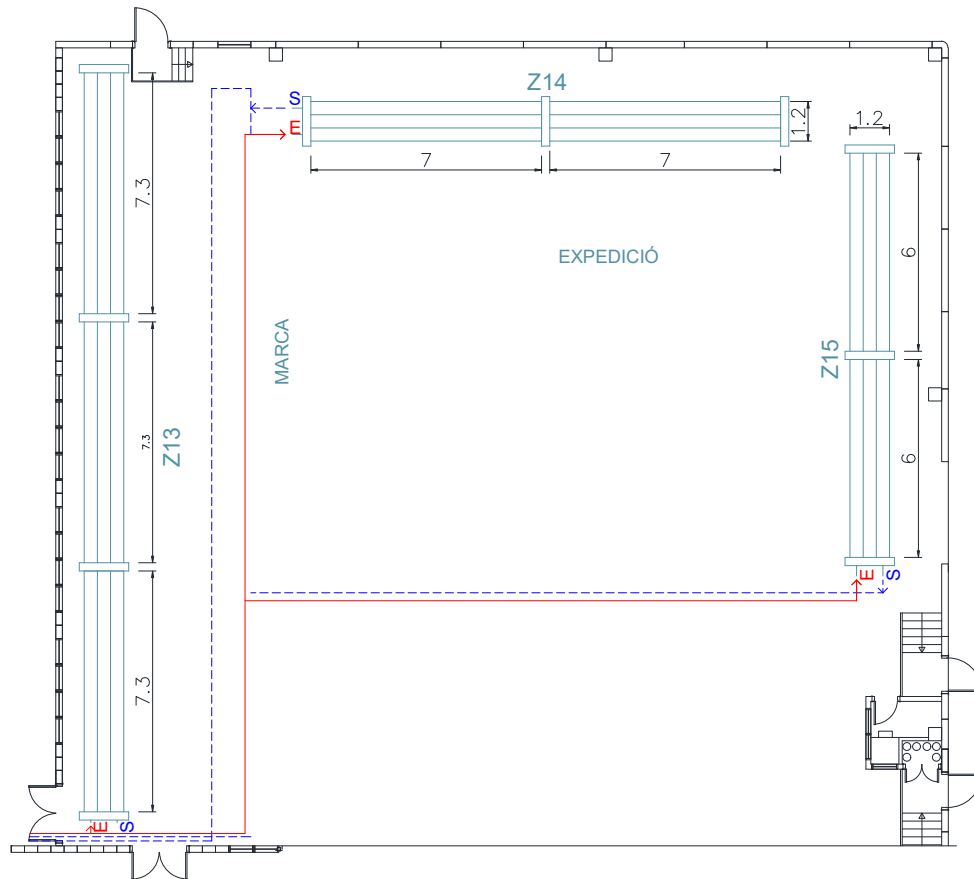


Figura 30 - Distribució panells radiants zona marcatge i expedicions

Totes les característiques tècniques dels panells radiants estan descrits a la **taula 16** de l'**Annex III**.

A continuació, a la **taula 21** hi ha totes les dimensions dels panells radiants i els seus components:

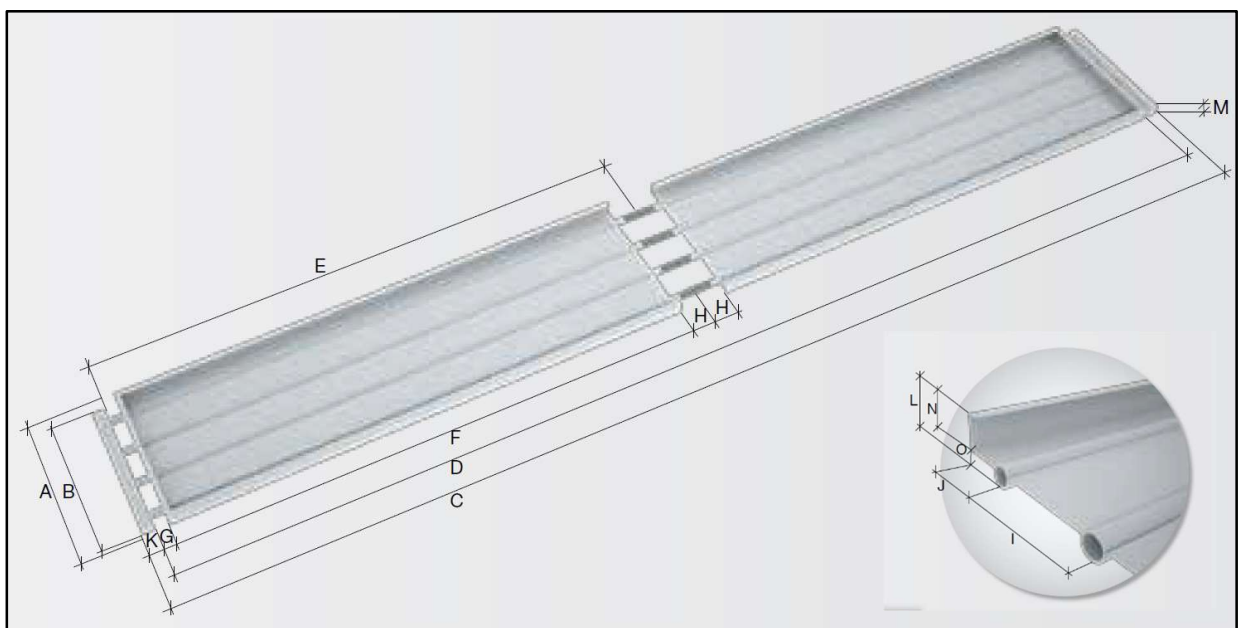


Figura 31 – Dimensions panells radiants

	Carredors				Tria de discos	Esmeril			Encolat i tria				Marcatge	Expedició	
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15
A [mm]	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
B [mm]	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
C [m]	12	12	4	14	21	22	22	3	10	10	14	10	22	14	12
D [m]	12	12	4	14	21	22	22	3	10	10	14	10	22	14	12
E [m]	5,96	5,96	3,96	6,96	6,95	7,29	7,29	2,96	4,96	4,96	6,96	4,96	7,29	6,96	5,96
F [m]	5,81	5,81	3,81	6,81	6,80	7,14	7,14	2,81	4,81	4,81	6,81	4,81	7,14	6,81	5,81
G [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
H [mm]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
I [mm]	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
J [mm]	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
K [mm]	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
L [mm]	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
M [mm]	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
N [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
O [mm]	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Taula 21 - Resum de totes les dimensions dels panells radiants

A	Amplada total	I	Distancies entre tubs
B	Amplada del col·lector	J	Distancies entre tubs i vorell lateral
C	Longitud total (sense connexions)	K	Longitud del col·lector
D	Longitud del tub	L	Alçada total sense suspensió
E	Longitud de l'element individual	M	Alçada del col·lector
F	Longitud de la xapa radiant, element individual	N	Alçada vorell lateral
G	Sortint del tub cap al col·lector	O	Alçada de la motllura del tub
H	Sortint del tub cap a la peça d'unió		

Taula 22 – Llegenda Figura 30

Una vegada tenim la distribució correcta de tots els panells radiants distribuïts a la nau, es procedeix a realitzar el càlcul calorífic que ens poden aportar cada línia de panells radiants.

Els càlculs de les potències calorífiques que ens transmeten els panells radiants per cada línia es poden observar en les **taules 18** de l'**Annex III** d'aquesta memòria "Càlculs i disseny dels panells radiant". Els resultats obtinguts es mostren a les següents taules:

NAU 2 (NORD)		
	Codi	Potència tèrmica total [W]
Carredores	Z1	8.257
	Z2	8.257
	Z3	2.993
	Z4	9.573

NAU 3 (SUD)		
	Codi	Potència tèrmica total [W]
Tria de discos	Z5	14.179
Esmeril	Z6	14.837
	Z7	14.837
	Z8	2.335
Encolat i tria	Z9	6.941
	Z10	6.941
	Z11	9.573
	Z12	6.941
Marcatge	Z13	14.837
Expedició	Z14	9.573
	Z15	8.257
		138.331 W

Taula 23 – Potències calorífiques Panells radiants

Amb els resultats obtinguts podem observar que els panells radiants donen la suficient potència calorífica necessària que necessitem per escalfar les naus a l'hivern.

7.3 Determinació de cabals d'aigua.

Un cop determinat el nombre de panells que s'instal·laran i els diferents circuits que formaran aquesta instal·lació, s'ha de calcular el cabal necessari per tots els panells.

La instal·lació estarà dividida en dos circuits secundaris, els quals s'ha de calcular el cabal necessari per a cadascun. Cada circuit correspon a les dos naus que disposa l'empresa projectada, la Nau Nord (2) i la Nau Sud (3).

Per poder calcular el cabal, s'estima que el salt tèrmic de l'aigua d'impulsió i el de retorn es de 10°C.

Utilitzarem la següent equació per obtenir el cabal necessari:

$$Q = m_a \cdot C_e \cdot \rho_a \cdot (T_i - T_r)$$

(Eq. 22)

On:

Q	Potència necessària [kcal/h]
m_a	Cabal d'aigua [m ³ /h]
C_e	Calor específic de l'aigua [kcal/kg·°C]
ρ_a	Densitat de l'aigua [kg/m ³]
T_i	Temperatura d'impulsió de l'aigua [°C]
T_r	Temperatura de retorn de l'aigua [°C]

Les dades que disposem:

$$C_e = \frac{1 \text{ Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \rho_a = \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{m}^3}$$

$$T_i = 80^\circ\text{C} \quad T_r = 70^\circ\text{C}$$

Els resultats obtinguts son els següents:

NAU 2 (NORD)		
	Codi	Cabal de l'aigua [l/h]
Carredores	Z1	710,10
	Z2	710,10
	Z3	257,40
	Z4	823,28
	TOTAL [l/h]	2.500,88

NAU 3 (SUD)		
	Codi	Cabal de l'aigua [l/h]
Tria de discos	Z5	1.219,4
Esmeril	Z6	1.276,0
	Z7	1.276,0
	Z8	200,8
Encolat i tria	Z9	596,9
	Z10	596,9
	Z11	823,3
	Z12	596,9
Marcatge	Z13	1.276,0
Expedició	Z14	823,3
	Z15	710,1
	TOTAL [l/h]	9.395,59

Taula 24 – Cabal d'aigua per cada panel radiat

7.4 Resultats generals de la instal·lació dels panells radiant.

Com a conclusió d'aquests resultats, podem dir que la instal·lació de panells radiants dissenyada i calculada és apte per aquesta nau. Tot seguit haurem de dimensionar la resta d'elements d'aquesta instal·lació.

Les característiques principals d'aquesta instal·lació de panells radiants són:

- Es disposa de dos circuits secundaris independents, un per a cada nau (Nau Sud i Nau Nord)
- Cada circuit estarà controlat per una col·lector que distribuirà l'aigua a cadascun dels circuits.
- La temperatura de l'aigua d'impulsió es de 80°C
- La potència calorífica total de la instal·lació és 138.331W
- El cabal total dels panells radiants a la Nau Nord és 2500 l/h
- El cabal total dels panells radiants a la Nau Sud és 9396 l/h

8. DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ HIDRÀULICA.

8.1 Descripció de la instal·lació.

En aquest apartat es descriu el circuit hidràulic i es calcula els seus components i els conductes que porten l'aigua des de l'equip de generació d'aigua calenta fins a cadascun dels panells radiants.

En primer lloc, s'ha de definir l'esquema general d'aquesta instal·lació amb tots els components i connexions entre els diferents elements.

Les pèrdues de càrrega total, serà la major d'entre les pèrdues de càrrega de tots els traçats possibles que pot seguir l'aigua des de la impulsió de la bomba de recirculació fins el retorn a aquesta.

És necessari dimensionar aquesta xarxa de canonades perquè pugui circular el cabal necessari, amb una pèrdua de carrega que no sobrepassi els límits reglamentaris i que obtingui una velocitat adequada.

S'utilitzarà com a generador d'aigua calenta una caldera, la quan ens satisfaci les necessitats calorífiques calculades.

La caldera s'instal·larà a la Nau 3 (Sud), a la sala just al costat de la tria de discos i al costat del col·lector principal. D'aquesta manera està a prop dels dos circuits secundaris dels panells radiants. Al costat col·locarem els diferents elements d'impulsió i derivació. Al voltant de la caldera, es col·locarà el dipòsit d'inèrcia, les bombes circuladores i el vas d'expansió.

La bomba és l'encarregada de la circulació de l'aigua dins del circuit. S'instal·laran quatre bomba, dos que serviran per conduir l'aigua fins els circuit de la nau Sud i les altres dos per conduir l'aigua fins la nau Nord.

El vas d'expansió es l'element encarregat de regular la variació de volum d'aigua del circuit a causa de la seva variació de temperatura durant el funcionament.

Al augmentar la temperatura de l'aigua aquesta dilata més que no pas les canonades. L'excés de volum d'aigua respecte el volum de les canonades és el que ocuparà el vas d'expansió.

S'instal·laran vàlvules de tall a l'entrada i a la sortida de cada element per tal de poder-los aïllar del circuit al realitzar tasques de manteniment i reparació.

A la següent **figura 32** trobarem l'esquema hidràulic amb els diferents components:

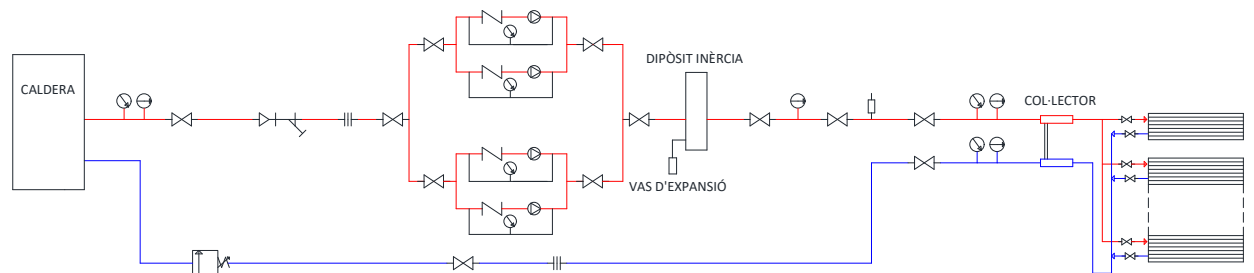


Figura 32 – Esquema general de la instal·lació

- Panells radiants
- Col·lectors lineals
- Col·lector principal
- Canonades
- Sondes de temperatura i humitat relativa
- Vàlvules
- Bombes de circulació
- Vas d'expansió
- Dipòsit d'inèrcia
- Caldera

Per les canonades principals del circuit primari s'utilitzarà canonades multicapa d'acer. Aquestes connectaran l'equip de generació d'aigua calenta al col·lector principal que hi ha a la instal·lació. En aquest circuit hi aniran muntats les bombes de circulació, els filtres, purgadors, manòmetres i termòmetres.

L'aïllament de totes les canonades vindrà determinat en funció de les temperatures de treball i dimensions de les canonades tal i com estableix RITE en la seva IT 1.2.4.2 i serà com a mínim de 30mm de gruix. Aquest aïllament serà s'escuma electromèrica.

En els sistemes de calefacció bifurcat, la distribució correcta del cabal d'aigua calenta és important per aconseguir un funcionament eficient.

En les instal·lacions en les que cada panell radiant té una capacitat diferent, es deu compensar hidràulicament i més si el sistema de connexió entre panells es asimètrica, com és en el nostre cas. S'ha de compensar hidràulicament mitjançant el dimensionat de la xarxa de tubs i l'ajust de les pèrdues de càrrega i també s'instal·laran reguladors d'equilibrat hidràulic.

El sistema VSRK és un set complet de Zehnder compost per un regulador del caudal, claus esfèriques de emplenar i buidat. El regulador s'ajusta de fàbrica al cabal del panell radiant així no és necessari ajustar-ho in situ.

Tots els trams de canonada de cada circuit estan identificats als **plànols nº 7 i 8** del document **nº3 PLÀNOLS**.

A la següent taula tenim les longituds totals de cada tram de canonada amb les longituds de les canonades d'impuls i de retorn i el cabal que circularà per cadascun d'ells.

		Tram	qv [l/h]	Longitud [m]
NAU 3 (SUD)	CANONADA IMPULS	A-B	418,8	14,75
		B-C	361,2	48,84
		C-D	649,1	3,8
		D-E	418,8	20,45
		E-F	303,7	6,95
		F-G	303,7	1,71
		G-H	303,7	8,32
		H-I	649,1	3,31
		I-J	649,1	6,66
		J-K	620,3	44,25
		K-L	4677,4	4,65
		CANONADA RETORN	M-N	620,3
	N-O		649,1	6,81
	O-P		649,1	17,93
	P-Q		102,2	8,31
	Q-R		303,7	3,41
	R-S		303,7	5,27
	S-T		303,7	16,39
	T-U		418,8	11
V-W	649,1	11,96		
W-X	361,2	34,69		
4779,6	121,13			

		Tram	qv [l/h]	Longitud [m]
NAU 2 (NORD)	CANONADA	A-B	361,2	5,78
		B-C	130,9	4,01
		C-D	361,2	12,44
		D-E	418,8	3,17
		E-F	1272,2	14,28
	CANONADA	F-G	418,8	12,84
		G-H	361,2	1,85
		H-I	130,9	8,31
		I-J	361,2	22,12
		J-K	1272,2	25,96

Taula 25 - Disseny canonades circuit hidràulic

8.2 Pèrdua de càrrega de la instal·lació hidràulica.

La pèrdua de càrrega depèn de la rugositat interior de la canonada i de la velocitat de circulació de l'aigua. Quanta més velocitat de circulació, es tindrà una major pèrdua de càrrega i també farà més soroll. Per això, a l'hora de determinar el diàmetre de les canonades s'ha de tenir en compte els següents factors:

- **Velocitat màxima:** 2 m/s
- **Les pèrdues de càrrega màximes:** 40 m.c.a/m

Les pèrdues de càrrega dels circuits estaran delimitades per la suma de les pèrdues dels panells radiants, de les canonades, dels elements com els col·lectors, els colzes, derivacions etc. Tots els elements que componen la instal·lació.

Per determinar el diàmetre de les canonades, s'haurà de fer una taula de càrregues des del punt més desfavorable fins la caldera. S'haurà de determinar el diàmetre de connexió mínim de cada un dels panells radiants.

El càlcul de les pèrdues de carregues de tota la instal·lació estan a l'**Annex IV Càlcul de pèrdues de càrrega de la instal·lació**.

Els resultats obtinguts de les pèrdues de càrrega tant dels panells i col·lectors, com de les canonades i els accessoris son els següents:

		Tram	Pèrdues de càrrega Panells [mmca]	Pèrdues de càrrega canonades i accessoris [mmca]	Pèrdues de càrrega total [mmca]
NAU 3 (SUD)	CANONADA IMPULS	A-B	26,51	803,73	830,24
		B-C	24,47	1.669,04	1.693,51
		C-D	134,60	195,23	329,83
		D-E	26,51	461,54	488,05
		E-F	16,32	129,65	145,97
		F-G	16,32	17,33	33,64
		G-H	16,32	173,75	190,06
		H-I	134,60	214,41	349,01
		I-J	134,60	459,78	594,38
	J-K	126,44	1.795,63	1.922,07	
	K-L	656,70	171,39	828,09	
	CANONADA RETORN	M-N	126,44	1.948,64	2.075,09
		N-O	134,60	476,44	611,04
		O-P	134,60	794,34	928,94
		P-Q	1,63	27,14	28,77
		Q-R	16,32	43,98	60,30
		R-S	16,32	83,91	100,23
		S-T	16,32	628,30	644,62
		T-U	26,51	486,28	512,79
U-V		134,60	379,25	513,85	
V-W	24,47	860,87	885,35		
W-X	631,82	6.025,56	6.657,38		
NAU 2 (NORD)	CANONADA	A-B	24,47	124,73	149,20
		B-C	2,04	14,75	16,79
		C-D	24,47	448,11	472,59
		D-E	26,51	67,04	93,56
		E-F	77,50	1.000,91	1.078,41
	CANONADA	F-G	26,51	608,10	634,61
		G-H	24,47	25,03	49,50
		H-I	2,04	43,90	45,94
		I-J	24,47	431,53	456,00
		J-K	77,50	745,23	822,72

Taula 26 - Pèrdues de càrrega de cada circuit de la instal·lació hidràulica

La pèrdua màxima que haurà de vèncer les bombes de circulació serà les pèrdues de càrrega de cada circuit primari més la màxima pèrdua fins els diferents circuits secundaris.

Per tant, la pèrdua de càrrega total i el cabal que haurem de tenir a cada circuit ser el següent:

	Cabal [l/h]	Pèrdues de càrrega total [m.m.ca]
NAU 3 (SUD)	18.495	6.026
NAU 2 (NORD)	5.089	1.001

Taula 27 - Cabals i pèrdua de càrrega màxima circuit secundari

8.3 Equip de generació d'aigua calenta.

A partir de la demanda màxima de potència calorífica de la nau, es selecciona la caldera a partir del catàleg comercial. Per aquesta instal·lació s'opta per instal·lar una caldera de gas de la marca TRISTAL model 200.

Les carregues tèrmiques que ha de vèncer per la nau es de 140KW a l'hivern. La màquina escollida satisfarà les necessitats tèrmiques requerides.

El model escollit TRISTAR 200 aporta una potència calorífica de 172kcal/h.

Les característiques d'aquesta màquina les podem trobar a les **figures 4 i 5** de l'**Annex V "Càlcul d'equips"**.

La ubicació de la caldera es pot observar en el **plànol nº 6** del document **nº3 PLÀNOLS** situada a la Nau 3 al costat de la tria de discos.

8.4 Xarxa de distribució d'aigua calenta.

La xarxa de distribució d'aigua calenta, és la encarregada de transportar l'aigua des de la caldera fins els panells radiants.

A les canonades on circula l'aigua, existeix una pèrdua de pressió que depèn del diàmetre del tub, de la velocitat de l'aigua i de la rugositat de la superfície interior de la canonada.

La xarxa de distribució d'aigua del circuit secundari està formada per canonades d'acer galvanitzada de 1", 1 ¼", 1 ½" i 2 ½" de diàmetre, degudament aïllada.

Pel circuit primari, des del col·lector principal fins als col·lectors dels panells radiants, les canonades tindran un diàmetre de 4" per la Nau Sud i 2" la Nau Nord.

Es realitza la distribució de la xarxa al llarg de la instal·lació amb una xarxa pel cabal de impulsió i un altre per el cabal de retorn.

Per a l'ompliment de la instal·lació s'instal·len uns manòmetres.

A més, s'afegeix un sistema de dosificació d'aigua en el que s'afegeix els productes anticongelants i anticorrosius necessaris per el correcte funcionament del circuit, situat en el sistema d'ompliment de la instal·lació.

El circuit hidràulic disposa d'una bomba per l'activació per a cada nau. També es col·loca una segona bomba en paral·lel a l'altre, per si en cas de que falli, hi hagi una averia o s'hagi de fer el manteniment de la primera, no parar els sistema i que es pugui seguir treballant. Aquestes bombes, transporten l'aigua fins els col·lectors, que s'encarreguen d'impulsar l'aigua fins els panells radiants. Les bombes disposen d'una vàlvula antiretorn i d'un manòmetre.

S'instal·len antivibradors segons la norma UNE 100156³ que es col·loquen a la sortida de l'aigua de la caldera i a la entrada d'aigua de les bombes.

³ Documentació: Recopilació de la norma UNE / AENOR

Tot el circuit d'aigua porta intercalats els filtres segons el diàmetre de la canonada i segons la normativa vigent. Es subministren filtres de la marca BIDARTE tipus "Y".

També s'instal·len vàlvules de comportes intercalades per poder tallar el subministrament d'aigua que arriba als panells radiants quan calgui. Tots els elements disposen d'una vàlvula de comporta a l'entrada i a la sortida.

A més, s'instal·len manòmetres i termòmetres en tots els punts d'entrada i sortida dels panells radiants.

Tot el dimensionament de la xarxa de distribució d'aigua, es pot veure a l'**Annex IV**.

8.5 Disseny de les bombes de circulació.

A partir de les pèrdues de càrrega total del sistema i del cabal, es determina la bomba a seleccionar entrant en el gràfic de les corbes característiques.

S'escollirà la velocitat que quedi per sobre del punt característic de funcionament de la instal·lació.

Es seleccionarà quatre bombes de circulació, una per cada nau i 2 més per averies.

El cabal necessari i la pèrdua de càrrega a vèncer de les bombes de circulació es pot observar a la següent taula:

	Cabal [l/h]	Pèrdues de càrrega total [m.m.ca]
NAU 3 (SUD)	18.495	6.026
NAU 2 (NORD)	5.089	1.001

Taula 28 - Cabal i pèrdua de càrrega de cada circuit

Les bombes d'impulsió disposaran de selectors de velocitat que permetrà escollir el punt de treball més adequat a les necessitats del circuit. Els motors estaran protegits contra sobrecarregues.

Les bombes d'impulsió s'instal·laran en la canonada d'impulsió de cada nau, segons l'esquema hidràulic **nº10** dels **plànols** de la instal·lació i estan ubicats a la sala al costat de la tria de discos.

S'instal·laran de manera que permetin la inspecció de totes les seves parts, estan aïllades elàsticament de les canonades i de l'estructura per mitjà d'elements antivibratoris.

A les bombes circuladors d'impulsió s'instal·laran un manòmetres, vàlvules de retenció i vàlvules de regulació.

Mitjançant el cabal principal i les pèrdues de càrrega que ha de vèncer la bomba, s'escull el model necessari per aquest circuit.

Per la nau Sud s'instal·larà dos bombes de model 50-160 de la marca ELINE i per la nau Nord s'instal·larà dos bombes del model 40-125.

Les característiques i el punt de funcionament d'aquestes bombes i les seves característiques es poden trobar a l'**Annex V** a les **figures 6 i 7**.

8.6 Disseny del dipòsit d'inèrcia.

L'objectiu del dipòsit d'inèrcia es de disposar d'un volum d'aigua, afegit a la resta de volum acumulat de la instal·lació de forma que s'aprofiti la seva inèrcia tèrmica per evitar la connexió i desconexió d'una mateixa etapa de la caldera en un temps massa breu, cosa que escurçaria la vida útil de la màquina.

El dipòsit d'inèrcia es un tanc d'acumulació d'aigua amb l'objectiu de reduir el número de arrancades de l'equip.

El treball d'aquest element es acumular aigua quan la caldera funciona, i subministrar aigua al circuit quan la caldera està parada.

El volum que ha de tenir el dipòsit d'inèrcia es calcula restant al volum total de l'aigua a la instal·lació de canonades.

Per calcular el volum total de l'aigua a la instal·lació s'utilitza la següent equació:

$$V = \frac{Q}{C_e \cdot \Delta T \cdot \rho} \cdot t$$

(Eq. 23)

On:

V	Volum total instal·lació [m ³]
Q	Potència total [kcal/h]
C_e	Calor específic de l'aigua [kcal/kg·°C] $C_e=1\text{Kcal/Kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
ΔT	Diferència de temperatures [°C]
ρ_a	Densitat de l'aigua [kg/m ³] On $\rho_a=1000\text{kg/m}^3$
t	Temps [h]

Tots els càlculs per determinar el dipòsit d'inèrcia estan a l'**Annex V**.

Mitjançant els càlculs obtinguts, seleccionem un dipòsit d'inèrcia de la marca 1000 litres.

8.7 Disseny del vas d'expansió.

L'aigua de la instal·lació varia de temperatura des de la posta en marxa de la mateixa, a temperatures ambient, fins a la temperatura de treball.

Aquests canvis de temperatura provoca una variació de volum total que ocupa l'aigua del circuit hidràulic a causa de la seva dilatació tèrmica. Per evitar que augmenti el volum i que trenqui la canonada s'utilitza el vas d'expansió.

Per realitzar aquest càlcul, ens cal les següents dades:

- Volum total de l'aigua calenta.
- Temperatura màxima de funcionament del sistema, en el nostre cas es 80°C.
- Coeficient d'expansió a partir de la temperatura màxima de funcionament del sistema, mitjançant la següent equació:

$$C_e = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2708,3) \cdot 10^{-6}$$

(Eq. 24)

- Coeficient de pressió a partir de la següent equació:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

(Eq. 25)

On:

- P_M Pressió màxima de funcionament en el circuit ITE 02.10
- P_m Pressió mínima en el vas d'expansió [bar]

Amb aquestes dades, podem calcular el volum del vas d'expansió mitjançant la següent equació:

$$V_{vas\ d'expansió} = V_{TOTAL} \cdot C_e \cdot C_p$$

(Eq. 26)

Tots els càlculs estan desenvolupats a l'**Annex V**.

S'ha escollit un vas d'expansió amb un volum de 30 L.

9. RESUM DEL PRESSUPOST.

El pressupost engloba tots els elements de la instal·lació dissenyada, tant pel que fa a equips, xarxes hidràuliques i tots els elements que componen. No obstant, no s'ha inclòs el cost d'obra civil ni el de legalització de la instal·lació.

Pel càlcul del cost dels diferents equips i elements s'ha agafat els valors de tarifes de venda al públic dels diferents fabricants.

També cal tenir en compte l'import del treball de l'equip d'enginyeria redactor del projecte, que es considera com un 5% sobre el valor del pressupost. Aplicant-li un 16% de IVA sobre el conjunt s'obté el pressupost final.

Tot el pressupost detallat esta en el **document nº5**.

Resum del pressupost i cost de la instal·lació és:

- Climatització panells radiants.....	32.656,65 €
- Treball i ma d'obra.....	7.540,00 €
- Equip d'enginyeria.....	3.382,80 €
Subtotal.....	43.579,45 €
16% IVA.....	6.972,71€
TOTAL.....	50.552,162 €

10. CONCLUSIONS.

Com a conclusió d'aquests resultats, podem dir que la instal·lació de panells radiants dissenyada i calculada és apte per aquesta nau.

La diferència entre la demanda de potència i d'energia amb el pas dels aerotermos als panells radiants és de 78% per potència i 74% per energia.

Cal tenir en compte que els panells radiants són efectius en molt poca estona ja que el temps que triga en escalfar-se el circuit d'aigua calenta és bastant baix.

La reducció de potència és important, ja que actualment, amb tots els aerotermos en funcionaments, absorbeixen aproximadament un 64% de la potència de la caldera actual. Amb el canvi a panells radiants la potència de calefacció demanada a la caldera seria, en un moment punta d'uns 140KW.

11. RELACIÓ DE DOCUMENTS

- **DOCUMENT Nº 0:** Resum.
- **DOCUMENT Nº 1:** Memòria.
- **DOCUMENT Nº 2:** Annex.

Annex I: Càlcul de tancaments.

Annex II: Càlcul de càrregues tèrmiques.

Annex III: Càlculs i disseny dels panells radiants.

Annex IV: Càlcul de pèrdues de càrrega.

Annex V: Càlcul d'equips.

- **DOCUMENT Nº 3:** Plànols.
- **DOCUMENT Nº 4:** Plec de condicions.
- **DOCUMENT Nº 5:** Pressupost.

12. BIBLIOGRAFIA.

Per Realitzar aquest projecte s'ha consultat manuals, projectes, apunts i pàgines web descrites a continuació:

- ZEHNDER. Catàleg tècnic Zehnder Panells Radiants
(<https://www.zehnder.es/productos-y-sistemas/sistemas-de-calefaccion-y-refrigeracion-por-techo-radiante>, 20 d'octubre 2017)
- WATERSTRIP. Manual tècnic Panells Radiants.
(http://euro-cobil.com/wp-content/uploads/pdf/FRACCARO/Waterstrip_manual.tecnico.Z024MW123_ES.pdf, 22 d'octubre 2017)
- FRACCARO. Manual tècnic Panells Radiants.
(http://euro-cobil.com/wp-content/uploads/pdf/FRACCARO/Waterstrip_manual.tecnico.Z024MW123_ES.pdf, 30 d'octubre 2017)
- "Ahorro y eficiencia energética en climatización de naves Industriales"
(https://energia.jcyl.es/web/jcyl/Energia/es/Plantilla100Detalle/1284410087447/_/1284159047910/Redaccion, 20 de gener 2020)
- Càlcul de càrregues tèrmiques
(<https://www.ingenierosindustriales.com/calculo-de-cargas-termicas-de-climatizacion/>, 25 gener 2020)
- VENTFILTER. Càrregues tèrmiques per ventilació
(<https://www.venfilter.es/normativa/rite>, 10 febrer 2020)
- RITE "Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios" (15 de febrer 2020)
- ITE "Instrucciones Técnicas Complementarios" (16 de febrer 2020)
- "Documentación: Recopilación de norma UNE / AENOR" (24 de març 2020)
- Document basic DB-HR "Protección frente al Ruido" (26 de març 2020)
- DA DB-He "Cálculo de parámetros característicos de la envolvente" (4 abril 2020)
- Document basic HE "Ahorro de Energía" (16 abril 2020)
- IDAE "Guía Técnica: Condiciones Climáticas Exterior de Proyecto" (20 abril 2020)
- "Documento Básico HS Salubridad – Sección del aire interior" (20 abril 2020)