

## 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:** 2. ANNEX

**Alumne:** IDOYA VERMEERSCH AMOR

**Tutor:** ALEXANDRE DELTELL CARBONELL

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria (mes/any)** SETEMBRE/2020

1.	ANNEX I: CÀLCUL DE TANCAMENTS:.....	2
1.1	Càlcul dels coeficients de transmissió tèrmica U dels tancaments.....	2
1.2	Resum dels coeficients de transmissió tèrmica U dels tancaments. ....	3
2.	ANNEX II: CÀLCUL DE CÀRREGUES TÈRMiques:.....	4
2.1	Condicions exteriors del projecte: .....	4
2.2	Resultats del càlcul de la càrrega sensible. ....	5
2.1	Resultat càlcul càrrega latent.....	10
3.	ANNEX III: CÀLCULS I DISSENY DELS PANELLS RADIANTS .....	13
4.	ANNEX IV: CÀLCUL DE PÈRDUES DE CÀRREGA de la instal·lació .....	18
4.1	Pèrdues de càrrega en els panells radiants:.....	18
	Les pèrdues de càrrega total son les següents: .....	21
4.2	Pèrdues de càrrega de les canonades d'impulsió i de retorn dels circuits secundaris .....	21
4.3	Longitud equivalent dels accessoris de les canonades del circuit secundari.....	26
4.4	Pèrdues de càrrega totals en els circuits secundaris .....	28
5.	ANNEX v: CÀLCULS D'EQUIPS:.....	29
5.1	Equip de generació d'aigua calenta. ....	29
5.2	Bombes de circulació .....	30
5.3	Disseny del dipòsit d'inèrcia.....	34
5.1	Disseny del vas d'expansió. ....	35

**1. ANNEX I: CÀLCUL DE TANCAMENTS:****1.1 Càlcul dels coeficients de transmissió tèrmica U dels tancaments.**

El coeficient de transmissió tèrmica U, és el flux de calor que passa per unitat de superfície d'un element i per grau de diferència de temperatures entre dos ambients separats per aquest element. La seva unitat està expressada en  $W/(m^2 \cdot K)$

Mitjançant les característiques de l'edifici descrits a la memòria i seguint els criteris del Apèndix E del DH-HE 1<sup>5</sup>, s'ha calculat la transmissió tèrmica (U) dels elements constructius que delimiten el tancament de l'edifici mitjançant la següent equació:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

(Eq. 1)

On:

$R_T$  Resistència tèrmica total de component constructiu [ $m^2 \cdot K/W$ ]

La resistència tèrmica total  $R_T$  d'un componen constructiu per capes tèrmiques homogènies s'ha de calcular mitjançant la següent equació:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

(Eq. 2)

On:

$R_{si}$  i  $R_{se}$  Resistències tèrmiques superficials corresponent a l'aire interior i exterior respectivament. Obtingudes mitjançant la **taula 1** segons la posició del tancament, direcció del flux de calor i la situació de l'edifici [ $m^2 \cdot K/W$ ]

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$  Resistències tèrmiques de cada capa [ $m^2 \cdot K/W$ ]

La resistència tèrmica de cada capa es calcula a través de la següent equació:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

(Eq. 3)

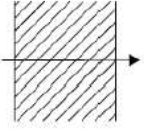

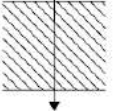
On:

$e$  Espesor de cada capa [m]

$\lambda$  Conductivitat tèrmica del material de cada capa. Es calcula a partir dels valors tèrmics segons la norma UNE-EN 10456:2012<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Documentació: Recopilació de la norma UNE / AENOR

<sup>5</sup> Document Bàsic HE "Estalvi d'Energia"

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Taula 1 – Resistències tèrmiques superficials de tancaments en contacte amb l'aire exterior

## 1.2 Resum dels coeficients de transmissió tèrmica U dels tancaments.

Els tancaments de la nau estan formats per el mur, la coberta, el terra, les portes i les finestres:

- Coeficient global de transferència de calor del mur:

$$U_{MUR} = \frac{1}{R_{mur}} = \frac{1}{\frac{e}{\lambda}}$$

(Eq. 4)

- Coeficient global de transferència de calor del terra:

$$U_{TERRA} = \frac{1}{R_{terra}} = \frac{1}{\frac{e}{\lambda}}$$

(Eq. 5)

- Coeficient global de transferència de calor del coberta:

$$U_{COBERTA} = \frac{1}{R_{coberta}} = \frac{1}{\frac{e}{\lambda}}$$

(Eq. 6)

- Coeficient global de transferència de calor del finestres:

$$U_{FINESTRES} = \frac{1}{R_{finestres}} = \frac{1}{\frac{e}{\lambda}}$$

(Eq. 7)

- Coeficient global de transferència de calor del portes:

$$U_{PORTES} = \frac{1}{R_{portes}} = \frac{1}{\frac{e}{\lambda}}$$

(Eq. 8)

Obtenim els següents valors de coeficients de transmissió tèrmica:

NAU SUD (NAU 3)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Mur de panell de formigó (U=2,1) amb aïllament (80% superfície)	0,74
Llosa de formigó	2,4
Coberta. Aïllament 4 cm	0,45
Finestres (Doble vidre)	3,5
Portes principal accés nau (Metàl·lica)	4,5
Portes interiors WC, Oficines, etc. (Fusta i opaques)	2
Portes interiors (Metàl·liques opaques)	5,7
Portes sortides d'emergència (Metàl·liques opaques)	5,7

Taula 2 - Característiques tèrmiques de la nau Sud.

NAU NORD (NAU 2)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Mur de panell de formigó (U=2'1) amb aïllament (80% superfície)	0,74
Mur façana amb 60% vidre i 40% formigó amb aïllament (80% superfície)	2,6
Llosa de formigó	2,4
Coberta. Aïllament 4 cm	0,45
Finestres (Doble vidre)	3,5
Portes principal accés nau (Metàl·lica)	4,5
Portes interiors WC, Oficines, etc. (Fusta i opaques)	2
Portes interiors (Metàl·liques opaques)	5,7
Portes sortides d'emergència (Metàl·liques opaques)	5,7

Taula 3 - Característiques tèrmiques de la nau Nord.

## 2. ANNEX II: CÀLCUL DE CÀRREGUES TÈRMIQUES:

Per el disseny de la instal·lació de calefacció d'una nau industrial, el primer que s'ha de calcular, són les càrregues tèrmiques. En el nostre cas, com estem calculant les càrregues de calefacció, seran les càrregues tèrmiques durant l'hivern.

### 2.1 Condicions exteriors del projecte:

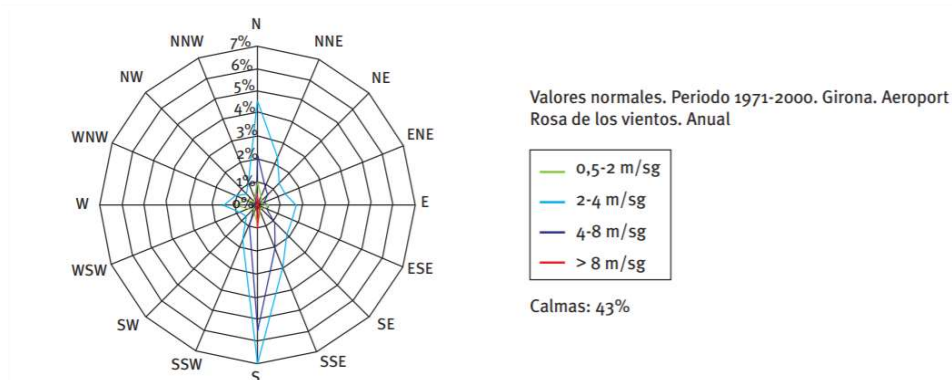
Les dades climàtiques de l'emplaçament de la nau que s'ha tingut en compte per obtenir les condicions exteriors de càlcul han sigut, les indicades a la taula següent:

Província	Estación		Indicativo				
Girona	Aeroport de Girona (Costa Brava)		367				
<b>UBICACIÓN: AEROPUERTO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
127	41°54'05"	02°45'37"E	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)	5.840 (1998-2001)	29.184 (2003-2007)	
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-10,8	-3,1	-1,9	16,0	86	37,2		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
41,2	34,1	21,9	32,2	22,0	30,6	21,9	17,2
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,8	31,7	23,0	30,7	22,3	30,1		

## VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH(kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	6,7	10,1	259	412	0	1,9	6,8
Febrero	7,5	10,8	216	353	0	2,7	7,2
Marzo	10,5	13,6	158	296	2	3,7	11,1
Abril	12,8	15,7	101	222	6	4,8	13,5
Mayo	16,9	19,5	38	127	31	5,9	18,2
Junio	21,6	24,4	6	44	91	6,8	22,3
Julio	23,4	26,0	1	20	127	6,4	25,9
Agosto	23,4	26,2	1	20	127	5,5	25,5
Septiembre	19,8	22,7	9	59	53	4,2	21,8
Octubre	16,3	19,4	39	132	18	2,9	16,5
Noviembre	10,4	13,9	151	289	1	2,0	10,7
Diciembre	7,0	10,4	251	404	0	1,7	8,1

Rosa de los vientos: velocidad media 2,20 m/s



Taula 4 – Condicions Exteriors

Les dades obtingudes son les següents:

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

## 2.2 Resultats del càlcul de la càrrega sensible.

A continuació es detallen tots els càlculs obtinguts per el càlcul de les càrregues sensibles.

### Càrrega per transmissió a través dels tancaments:

Mitjançant la **equació 1** esmentada en el **document nº 1 Memòria**, obtenim els següents resultats de les càrregues per transmissió de les parets, terra, coberta, finestres i portes.

S'ha aplicat als càlculs el coeficient d'orientació dels tancaments descrits a la **taula 7** de la **Memòria**.

**CALOR SENSIBLE PER TRANSMISSIÓ A TREVÉS DELS TANCAMENTS**

				Superfície [m2]	U [W/m2·°C]	ΔT [°C]	Co	Qt [W]
NAU SUD (3)	Transmissió	Mur	Mur Panell de Formigó amb aïllament 80%	1.400	0,74	24	1	24.864
		Coberta	Coberta amb aïllament de 4cm	661	0,45	24	1	7.139
		Terra	Llosa de Formigó	661	2,4	24	1	38.074
<b>TOTAL</b>								70.076 W

				Superfície [m2]	U [W/m2·°C]	ΔT [°C]	Co	Qt [W]
NAU NORD (2)	Transmissió	Mur	Mur Panell de Formigó amb aïllament 80%	3.240	0,74	24	1,2	69.050,9
			Mur façana amb 60% vidre i 40% formigó amb aïllament	360	2,6	24	1,2	26.956,8
		Coberta	Coberta amb aïllament de 4cm	3.344	0,45	24	1,2	43.338
		Terra	Llosa de Formigó	3.344	2,4	24	1,2	231.137
<b>TOTAL</b>								370.483 W

				Superfície [m2]	U [W/m2·°C]	ΔT [°C]	Co	Qt [W]
NAU SUD (3)	Transmissió	Finestres	Doble vidre	8,8	3,5	24	1	739,2
		Portes principal accés nau	Metàl·lica	9,2	4,5	24	1	993,6
		Portes interiors (WC, oficines...)	Fusta i opaques	8,0	2	24	1	381,6
		Portes interiors	Metàl·liques opaques	12,0	5,7	24	1	1.641,6
		Portes de sortides d'emergència	Metàl·liques opaques	9,8	5,7	24	1	1.333,8
<b>TOTAL</b>								5.090 W

				Superfície [m2]	U [W/m2·°C]	ΔT [°C]	Co	Qt [W]
NAU NORD (2)	Transmissió	Finestres	Doble vidre	3,3	3,5	24	1,2	332,6
		Portes principal accés nau	Metàl·lica	9,2	4,5	24	1,2	1.192,3
		Portes interiors (WC, oficines...)	Fusta i opaques	5,3	2	24	1,2	305,3
		Portes interiors	Metàl·liques opaques	6,0	5,7	24	1,2	985,0
		Portes de sortides d'emergència	Metàl·liques opaques	7,4	5,7	24	1,2	1.206,6
<b>TOTAL</b>								4.022 W

**TOTAL CÀRREGA TRANSMISSIÓ ( Qt = Q mur+ Q coberta + Q terra + Q finestres + Q portes )      449.671,2 W**

Taula 5 – Càlculs de calor per transmissió

### Càrregues per ventilació:

Per realitzar el càlcul d'aquesta càrrega tèrmica, s'han utilitzat les següents dades:

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

**Densitat de l'aire a 10°C:** 1,24 kg/m<sup>3</sup>

**Cabal d'aire aportat:** 0,55 dm<sup>3</sup>/s·m<sup>2</sup> = 1,98 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>

CALOR SENSIBLE PER VENTILACIÓ					
		Zona	Superfície [m2]	Nº Ocupació	ΔT [°C]
NAU SUD (3)	Ventilació	Encolat i Tria	1.317	5	24
		Expedicions	1.105	2	
		Marcatge	457	2	
		Esmeril	465	3	
NAU NORD (2)		Carredors i magatzem suro bullit	661	3	24
		<b>TOTAL</b>	4.005	15	
<b>Qsv</b>	56.638,5 kcal/h				
<b>Total Càrrega tèrmica sensible de Ventilació (Qsv)</b>			65.859 W		

Taula 6 - Càlcul calor sensible per ventilació

### Càrregues per ocupació:

Per poder calcular aquesta càrrega s'ha de conèixer la càrrega sensible per persona i per grau d'activitat. L'obtidrem a la següent taula:

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado <sup>b</sup>			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 <sup>c</sup>	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

<sup>a</sup> Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

<sup>b</sup> La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

<sup>c</sup> Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

<sup>d</sup> Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals. ASHRAE Handbook & Product Directory.

Taula 7 – Càrrega sensible i latent per persona i segons l'activitat

En el nostres cas obtenim una càrrega sensible 90 kcal/h

Els resultats obtinguts per les càrregues per ocupació son els següents:



CALOR SENSIBLE PER OCUPACIÓ					
		Zona	Superfície [m2]	Nº Ocupació	qo [kcal/h]
NAU SUD (3)	Ocupació	Encolat i Tria	1.317	5	90
		Expedicions	1.105	2	
		Marcatge	457	2	
		Esmeril	465	3	
NAU NORD (2)		Carredors i magatzem suro bullit	661	3	90
<b>TOTAL</b>			4.005	15	
<b>Qso</b>	24.030,0 kcal/h				
<b>Total Càrrega tèrmica de Ocupació (Qso)</b>			27.941,9 W		

Taula 8 - Càlculs de calor per ocupació

Per passar de kcal/h a W s'ha utilitzat la **equació 4** que s'ha mencionat a la **memòria**.

#### Càrregues per il·luminació:

Per realitzar el càlcul d'aquesta càrrega he estimat les següents dades:

Factor llum vapor mercuri	1
Potència Llum Vapor mercuri [W/m2]	15 W/m2

Els resultats obtinguts per les càrregues per il·luminació son els que hi ha a continuació:

CALOR SENSIBLE PER L'ENLLUMENAT						
		Zona	Superfície [m2]	Potència Vapor Mercuri [W/m2]	Factor Vapor Mercuri	Qsi [W]
NAU SUD (3)	Llums	Encolat i Tria	1.317	15	1	19.755
		Expedicions	1.105	15	1	16.575
		Marcatge	457	15	1	6.855
		Esmeril	465	15	1	6.975
<b>TOTAL</b>					<b>50.160 W</b>	
NAU NORD (1)	Llums	Carredors i magatzem suro bullit	661	15	1	9.915
		<b>TOTAL</b>				
<b>Total Càrrega tèrmica de Enllumenat (Qsi)</b>					<b>60.075 W</b>	

Taula 9 - Càlcul calor sensible per l'enllumenat

#### Càrregues per equips o maquinària:

Per el 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.

A la taula següent tenim tots els equips i maquinària que disposem a les dos nau i la seva potència.

CALOR SENSIBLE PER EQUIPS I MAQUINÀRIA		
	Màquina - Equip	Potència [kW]
NAU SUD (3) I NORD (2)	Màquina de triar manual nº 1	1,74
	Màquina de triar manual nº 2	1,74
	Màquina de triar manual nº 3	1,25
	Màquina de triar manual nº 4	1,25
	Màquina de triar manual nº 5	1,25
	Màquina de triar manual nº 6	1,25
	Màquina de triar manual nº 7	1,25
	Màquina de triar manual nº 8	1,25
	Màquina de triar manual nº 9	1,25
	Màquina de triar electrònica	4,45
	Màquina de triar electrònica	4,45
	Màquina de marcar nº 1	5,26
	Màquina de marcar nº 2	5,26
	Màquina de marcar nº 3	5,26
	Màquina de marcar nº 4	5,26
	Màquina de marcar nº 5	5,26
	Màquina de marcar nº 6	5,26
	Màquina de marcar nº 7	5,26
	Màquina de marcar nº 8	5,26
	Màquina de marcar nº 9	5,26
	Màquina de marcar nº 10	5,26
	Màquina de marcar nº 11	5,26
	Màquina de comptar gran	2,36
	Màquina de comptar petita	0,18
	Carregador bateria carretilla nº 1	4
	Carregador bateria carretilla nº 2	4
	Carregador bateria carretilla nº 3	4
	Precintadora	1,1
	Pulidora nº 1	17,54
	Pulidora nº 2	17,54
	Pulidora nº 3	17,54
	Pulidora nº 4	17,54
	Pulidora nº 5	17,54
	Pulidora nº 6	17,54
	Pulidora nº 7	17,54
Escapçadora nº 1	3	
Escapçadora nº 2	2,75	
Màquina cosidora de sacs	0,09	
Cinta de triar discos 1	0,75	
Cinta de triar discos 2	0,94	
Montacàrregues carredors	7	
Montacàrregues trio	15	
Compressor secundari	22	
Compressor primari	35	
	<b>TOTAL</b>	<b>303,94 KW</b>

Taula 10 - Càrrega per màquines i equips

**2.1 Resultat càlcul càrrega latent.****Càrregues per ocupació:**

Per realitzar el càlcul d'aquesta càrrega, busquem a la **taula 7** la càrrega latent per persona. Obtenim un càrrega latent per ocupació de 110 kcal/h.

Els resultats obtinguts són els següents:

CALOR LATENT PER OCUPACIÓ					
	Zona	Superfície [m2]	Nº Ocupació	qo [kcal/h]	
NAU SUD (3)	Ocupació	Encolat i Tria	1.317	5	110
		Expedicions	1.105	2	
		Marcatge	457	2	
		Esmeril	465	3	
NAU NORD (2)		Carredors i magatzem suro bullit	661	3	110
		<b>TOTAL</b>	4.005	15	
<b>Qso</b>	29.370,0 kcal/h				
<b>Total Càrrega tèrmica de Ocupació (Qso)</b>		34.151 W			

Taula 11 – Càrregues per ocupació latents

**Càrregues per ventilació:**

Per realitzar el càlcul d'aquesta càrrega tèrmica, s'han utilitzat les següents dades:

$\rho_a \cdot h_{fg}$  s'ha considerat un factor de 0,72.

**Cabal d'aire aportat:**  $0,55 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 = 1,98 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$

Per calcular les càrregues de ventilació latent també es necessita les humitats absolutes de l'aire exterior i interior de la nau [gr/kg]. S'utilitza el diagrama psicomètric per obtenir-les.

Per trobar les humitats absolutes de l'aire exterior i interior en el diagrama psicomètric, s'ha de saber la temperatura i humitat relativa interior de la nau i la temperatura i humitat relativa exterior de la nau:

Temperatura exterior	-1,9 °C
Humitat relativa exterior	86 %
Temperatura interior	22 °C
Humitat relativa interior	50 %

Taula 12 – Temperatura i humitat relativa interior i exterior de la nau

Amb aquestes dades busquem les humitats absolutes al diagrama psicomètric **Figura 1**.

Obtenim les següents dades:

<b>Humitat absoluta de l'aire exterior [We]</b>	2,8 gr/kg
<b>Humitat absoluta de l'aire exterior [Wi]</b>	8,1 gr/kg

Taula 13 – Humitats absolutes obtingudes amb al diagrama psicomètric

Mitjançant aquestes dades obtenim els següents resultats de les càrregues per ventilació latent:

<b>CALOR LATENT PER VENTILACIÓ</b>					
		<b>Zona</b>	<b>Superfície [m2]</b>	<b>Nº Ocupació</b>	<b>ΔT [°C]</b>
<b>NAU SUD (3)</b>	<b>Ventilació</b>	Encolat i Tria	1.317	5	24
		Expedicions	1.105	2	
		Marcatge	457	2	
		Esmeril	465	3	
<b>NAU NORD (2)</b>		Carredors i magatzem suro bullit	661	3	24
		<b>TOTAL</b>	4.005	15	
<b>Qsv</b>					-30.260,5 kcal/h
<b>Total Càrrega tèrmica sensible de Ventilació (Qsv)</b>					-35.187 W

Taula 14 - Càrregues per ventilació latents



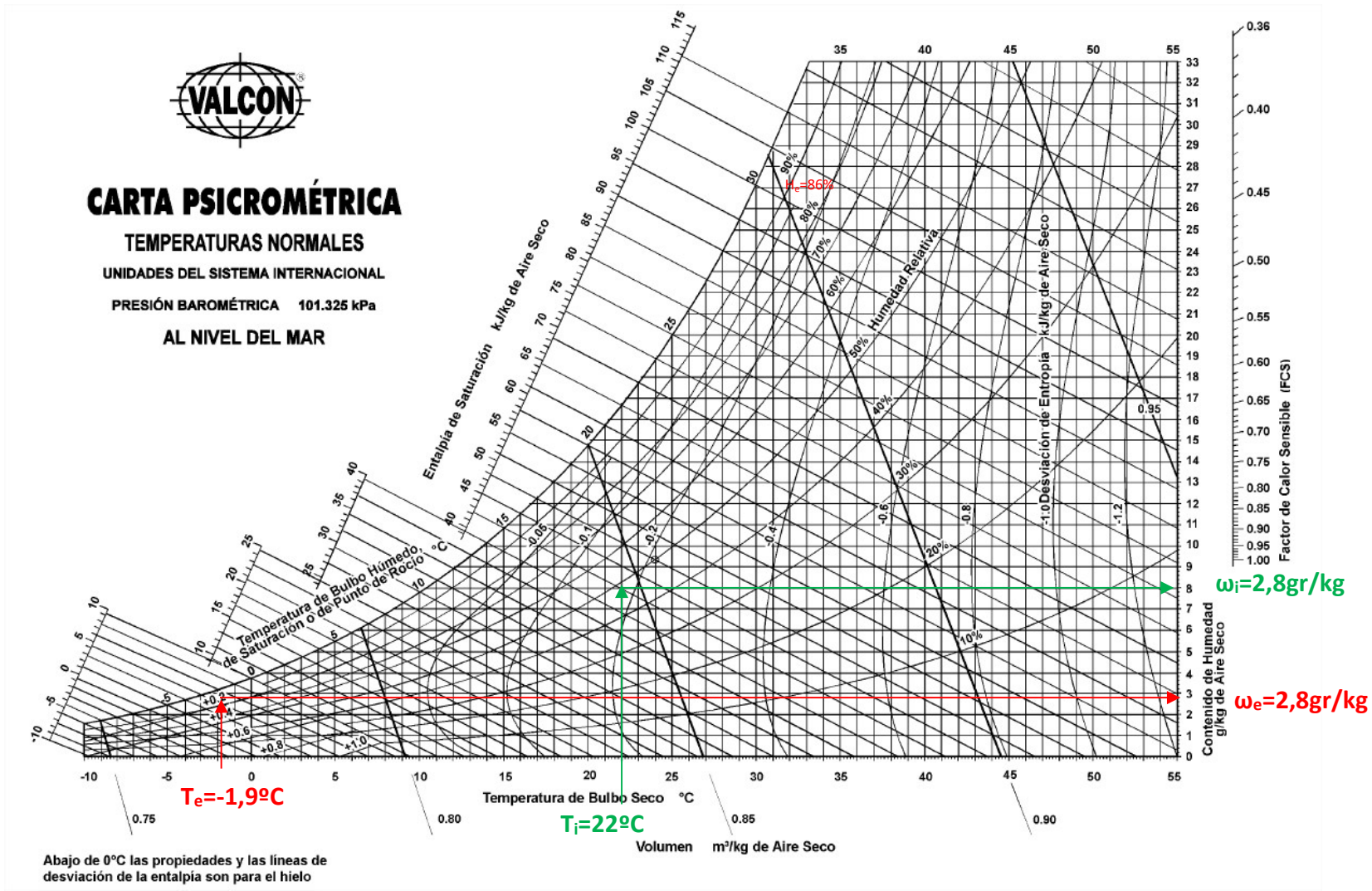


Figura 1 – Carta psicromètrica a temperatures normals i pressió baromètrica de 101.325 kPa (a nivell del mar)

### 3. ANNEX III: CÀLCULS I DISSENY DELS PANELLS RADIANTS

Amb la següent taula podem obtenir el valor de  $k$  i  $n$  que ens facilita el fabricant per obtenir la potència tèrmica dels panells i dels col·lectors:

$\Delta T_{ober}$ (K)	Zehnder ZBN 300/2		Zehnder ZBN 450/3		Zehnder ZBN 600/4		Zehnder ZBN 750/5		Zehnder ZBN 900/6		Zehnder ZBN 1050/7		Zehnder ZBN 1200/8	
	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores	W/m	W/par de colectores
K	1,787	0,726	2,421	1,223	3,055	1,845	3,798	2,184	4,540	2,461	5,283	2,682	6,026	2,856
n	1,176	1,199	1,177	1,167	1,177	1,134	1,177	1,154	1,177	1,174	1,177	1,194	1,176	1,213
100	402	182	546	264	691	342	858	444	1025	548	1191	654	1358	763
98	392	177	533	257	675	334	838	433	1001	535	1163	639	1326	745
96	383	173	520	251	658	326	818	423	977	522	1136	623	1294	726
94	374	169	508	245	642	319	798	413	953	509	1108	608	1262	708
92	364	164	495	239	626	311	778	403	929	497	1080	592	1231	690
90	355	160	482	233	610	303	758	393	905	484	1053	577	1199	671
88	346	156	470	227	594	296	738	383	882	471	1025	562	1168	653
86	337	152	457	221	578	288	718	373	858	459	998	546	1137	635
84	327	147	445	215	563	281	699	363	835	446	970	531	1106	618
82	318	143	432	209	547	273	679	353	811	434	943	516	1075	600
80	309	139	420	203	531	266	660	343	788	421	916	501	1044	582
78	300	135	408	197	516	258	640	333	765	409	889	486	1014	564
76	291	131	395	191	500	251	621	323	742	397	863	471	983	547
74	282	127	383	185	485	243	602	313	719	385	836	457	953	530
72	273	123	371	180	469	236	583	304	696	372	810	442	923	512
70	264	119	359	174	454	228	564	294	674	360	783	427	892	495
68	255	114	347	168	439	221	545	284	651	348	757	413	863	478
66	247	110	335	162	424	213	526	275	629	336	731	398	833	461
64	238	106	323	157	409	206	507	265	606	324	705	384	803	444
62	229	102	311	151	394	199	489	256	584	312	679	370	774	427
60	220	98,5	299	145	379	192	470	246	562	301	653	356	744	411
58	212	94,6	288	140	364	184	452	237	540	289	628	341	715	394
56	203	90,7	276	134	349	177	434	227	518	277	602	327	686	378
55	199	88,7	270	131	342	174	425	223	507	271	590	320	672	369
54	195	86,8	264	128	334	170	415	218	496	266	577	314	658	361
52	186	83,0	253	123	320	163	397	209	475	254	552	300	629	345
50	178	79,2	242	117	305	156	379	199	453	243	527	286	601	329
48	170	75,4	230	112	291	149	362	190	432	231	502	272	573	313
46	161	71,6	219	107	277	142	344	181	411	220	478	259	545	297
44	153	67,9	208	101	263	135	326	172	390	209	453	246	517	282
42	145	64,2	197	95,8	249	128	309	163	369	198	429	232	489	266
40	137	60,6	186	90,5	235	121	292	154	349	187	405	219	462	251
38	129	57,0	175	85,2	221	114	275	145	328	176	382	206	435	236
36	121	53,4	164	80,0	208	107	258	136	308	165	358	193	408	221
34	113	49,8	153	74,9	194	101	241	128	288	154	335	181	382	206
32	105	46,4	143	69,7	181	93,9	224	119	268	144	312	168	355	191
30	97,5	42,9	132	64,7	167	87,3	208	111	249	133	289	155	329	177
28	89,9	39,5	122	59,7	154	80,7	192	102	229	123	266	143	304	163
26	82,4	36,1	112	54,7	141	74,2	176	93,8	210	113	244	131	278	149
24	75,0	32,8	102	49,9	129	67,8	160	85,5	191	103	222	119	253	135
22	67,7	29,6	91,9	45,0	116	61,4	144	77,3	173	92,6	201	107	229	122
20	60,5	26,4	82,2	40,3	104	55,1	129	69,3	154	82,8	179	95,8	204	108
18	53,5	23,2	72,6	35,6	91,8	48,9	114	61,3	136	73,2	158	84,5	181	95,3
16	46,6	20,2	63,2	31,1	79,9	42,8	99,3	53,5	119	63,7	138	73,4	157	82,6
14	39,8	17,2	54,0	26,6	68,3	36,8	84,8	45,9	101	54,5	118	62,6	134	70,2
12	33,2	14,3	45,1	22,2	56,9	30,9	70,7	38,4	84,5	45,5	98,3	52,1	112	58,2
10	26,8	11,5	36,4	18,0	45,9	25,1	57,1	31,1	68,2	36,7	79,3	41,9	90,5	46,7
8	20,6	8,8	28,0	13,8	35,3	19,5	43,9	24,1	52,5	28,3	61,0	32,1	69,6	35,6
6	14,7	6,2	19,9	9,9	25,2	14,1	31,3	17,3	37,4	20,2	43,5	22,8	49,6	25,1
4	9,1	3,8	12,4	6,2	15,6	8,9	19,4	10,8	23,2	12,5	27,0	14,0	30,8	15,4
22	67,7	29,6	91,9	45,1	116	61,4	144	77,3	173	92,6	201	107	229	122
20	60,5	26,4	82,2	40,3	104	55,1	129	69,3	154	82,8	179	95,8	204	108

Taula 15 – Potència tèrmica per calefacció amb aïllament

A continuació tenim una taula amb totes les característiques tècniques dels panells radiants descrits que ens facilita el fabricant:

Zehnder ZBN			Unidad de medida	Banda						
Tipo				300/2	450/3	600/4	750/5	900/6	1050/7	1200/8
Dimensiones	Anchos totales		mm	300	450	600	750	900	1050	1200
	Cantidad de tubos		Unidad	2	3	4	5	6	7	8
	Material de tubo/ dimensión (Ø exterior x grosor de tubo)		-/mm	Tubo de acero de precisión/28 x 1,5						
	Material del techo		-	Acero						
	Distancia entre tubos		mm	150						
	Longitud mín. del elemento individual		mm	2000						
	Longitud máx. del elemento individual		mm	7500						
	Puntos de suspensión por barra		Unidad	2	2	2	2	2	2	2
	Distancia de los puntos de suspensión (A) <sup>1)</sup>		mm	200	350	500	650	800	950	1100
Parámetros	Temperatura de servicio máx. <sup>2)</sup>		°C	120						
	Presión máxima de servicio <sup>3)</sup>		bar	10						
Pesos	Peso en vacío, sin contenido de agua y con aislamiento	Techo radiante	kg/m	6,95	9,67	12,42	15,14	17,86	22,08	24,83
		Por colector	kg	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	Peso en servicio, con contenido de agua y aislamiento	Techo radiante	kg/m	7,94	11,14	14,38	17,59	20,8	25,52	28,76
		Por colector	kg	1,5	2,2	3	3,7	4,5	5,2	6
	Peso del aislamiento		kg/m	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1,05	1,2
	Peso de la malla protectora		kg/m	0,29	0,42	0,55	0,68	0,81	0,94	1,67
Contenido de agua		kg/m	0,982	1,473	1,964	2,455	2,946	3,437	3,928	
Potencia térmica para calefacción	Rendimiento térmico de conformidad con la norma EN 14037 a $\Delta t = 55$ K, con aislamiento superior		W/m	199	270	342	425	507	590	672
	Constante del rendimiento térmico (K)		-	1,787	2,421	3,055	3,798	4,540	5,283	6,029
	Exponente del rendimiento térmico (n)		-	1,176	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177	1,176

Taula 16 – Característiques tècniques panells radiants

Un cop tenim la distribució correcta dels panells radiants distribuïts a la nau, es procedeix a realitzar el càlcul calorífic que ens poden aportar cada línia de panells radiants.

Les dades inicials que disposem són les següents:

<b>DADES INICIALS PANELLS RADIANTS</b>		
<b>Temperatura interior</b>	<b>ti</b>	22 °C
<b>Temperatura exterior (Hivern)</b>	<b>te</b>	-1,9 °C
<b>Renovacions aire</b>		1 l/h
<b>Temperatura impulsió</b>	<b>ti</b>	80 °C
<b>Temperatura retorn</b>	<b>tr</b>	70 °C

<b>Potència tèrmica Panells radiants</b>	658 W/m
<b>Potència tèrmica Col·lectors</b>	361 W/m parell col·lector

<b>Temperatura mitjana</b>	<b>tm</b>	75 °C
<b>Increment de Temperatura mitjana</b>	<b>Δtm</b>	54 °C

<b>Carga tèrmica necessària</b>	140.000 W
---------------------------------	-----------

Taula 17 – Dades inicials panells radiants

Els càlculs de les potències calorífiques que ens transmeten els panells radiants per cada línia es poden observar a la **Taula 18**.



NAU 2 (NORD)									
	Model	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	$\Delta tm$ [K]	(Q) Panells radiants [W/m]	(Q) Col·lectors [W]	Potència tèrmica Panells [W]	Potència tèrmica total [W]
Carredores	Zehnder ZBN 1200/8	Z1	12	1,2	54	658	361	7.896	8.257
	Zehnder ZBN 1200/8	Z2	12	1,2	54	658	361	7.896	8.257
	Zehnder ZBN 1200/8	Z3	4	1,2	54	658	361	2.632	2.993
	Zehnder ZBN 1200/8	Z4	14	1,2	54	658	361	9.212	9.573
NAU 3 (SUD)									
	Model	Codi	Longitud [m]	Amplada [m]	$\Delta tm$ [K]	(Q) Panells radiants [W/m]	(Q) Col·lectors [W]	Potència tèrmica Panells [W]	Potència tèrmica total [W]
Tria de discos	Zehnder ZBN 1200/8	Z5	21	1,2	54	658	361	13.818	14.179
Esmeril	Zehnder ZBN 1200/8	Z6	22	1,2	54	658	361	14.476	14.837
	Zehnder ZBN 1200/8	Z7	22	1,2	54	658	361	14.476	14.837
	Zehnder ZBN 1200/8	Z8	3	1,2	54	658	361	1.974	2.335
Encolat i tria	Zehnder ZBN 1200/8	Z9	10	1,2	54	658	361	6.580	6.941
	Zehnder ZBN 1200/8	Z10	10	1,2	54	658	361	6.580	6.941
	Zehnder ZBN 1200/8	Z11	14	1,2	54	658	361	9.212	9.573
	Zehnder ZBN 1200/8	Z12	10	1,2	54	658	361	6.580	6.941
Marcatge	Zehnder ZBN 1200/8	Z13	22	1,2	54	658	361	14.476	14.837
Expedició	Zehnder ZBN 1200/8	Z14	14	1,2	55	658	361	9.212	9.573
	Zehnder ZBN 1200/8	Z15	12	1,2	55	658	361	7.896	8.257
		<b>Total</b>	<b>202 m</b>					<b>POTÈNCIA TÈRMICA TOTAL [W]</b>	<b>138.331</b>

Taula 18 – Potències calorífiques dels panells radiants

### Determinació del cabal 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.

DADES INICIALS		
<b>Calor específic aigua</b>	<b>C<sub>e</sub></b>	1 kcal/kg·°C
<b>Densitat de l'aigua</b>	<b>ρ<sub>a</sub></b>	1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>Diferència temperatura entrada i sortida</b>	<b>ΔT</b>	10 °C

Taula 19 – Dades inicials cabal d'aigua

Segons l'equació 22 de la memòria, aïllem el cabal i obtenim la següent equació:

$$Q = m_a \cdot C_e \cdot \rho_a \cdot (T_i - T_r) \rightarrow m_a = \frac{Q}{C_e \cdot \rho_a \cdot (T_i - T_r)}$$

(Eq. 9)

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. 10)

Els càlculs obtinguts són els següents:

NAU 2 (NORD)					
	<b>Codi</b>	<b>Potència tèrmica [W]</b>	<b>Potència tèrmica [kcal/h]</b>	<b>Cabal de l'aigua [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Cabal de l'aigua [l/h]</b>
<b>Carredores</b>	Z1	8.257	7.101,0	0,7	710,10
	Z2	8.257	7.101,0	0,7	710,10
	Z3	2.993	2.574,0	0,3	257,40
	Z4	9.573	8.232,8	0,8	823,28
NAU 3 (SUD)					
	<b>Codi</b>	<b>Potència tèrmica [W]</b>	<b>Potència tèrmica [kcal/h]</b>	<b>Cabal de l'aigua [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Cabal de l'aigua [l/h]</b>
<b>Tria de discos</b>	Z5	14.179	12.193,9	1,2	1.219,4
<b>Esmeril</b>	Z6	14.837	12.759,8	1,3	1.276,0
	Z7	14.837	12.759,8	1,3	1.276,0
	Z8	2.335	2.008,1	0,2	200,8
<b>Encolat i tria</b>	Z9	6.941	5.969,3	0,6	596,9
	Z10	6.941	5.969,3	0,6	596,9
	Z11	9.573	8.232,8	0,8	823,3
	Z12	6.941	5.969,3	0,6	596,9
<b>Marcatge</b>	Z13	14.837	12.759,8	1,3	1.276,0
<b>Expedició</b>	Z14	9.573	8.232,8	0,8	823,3
	Z15	8.257	7.101,0	0,7	710,1

Taula 20 – Cabal d'aigua per cada panel radiant

#### 4. ANNEX IV: CÀLCUL DE PÈRDUES DE CÀRREGA DE LA INSTAL·LACIÓ

Per poder determinar la màxima pèrdua de càrrega que tindrem a la instal·lació, s'ha calcular quina pèrdua de càrrega hi haurà en cada circuit secundari, des del col·lector principal fins als panells radiants de la Nau 2 i la Nau 3.

Un cop determinada aquestes pèrdues, s'hauran de calcular les pèrdues de càrregues dels circuits primaris, es a dir, els circuits que connecten la caldera fins els col·lectors principals.

##### 4.1 Pèrdues de càrrega en els panells radiants:

A la **figura 2** podem obtenir les diferents pèrdues de càrrega que tindrem en funció del cabal que ens indica el fabricant ZEHNDER. Hi ha una gràfica per els panells radiants i un altre pels col·lectors.

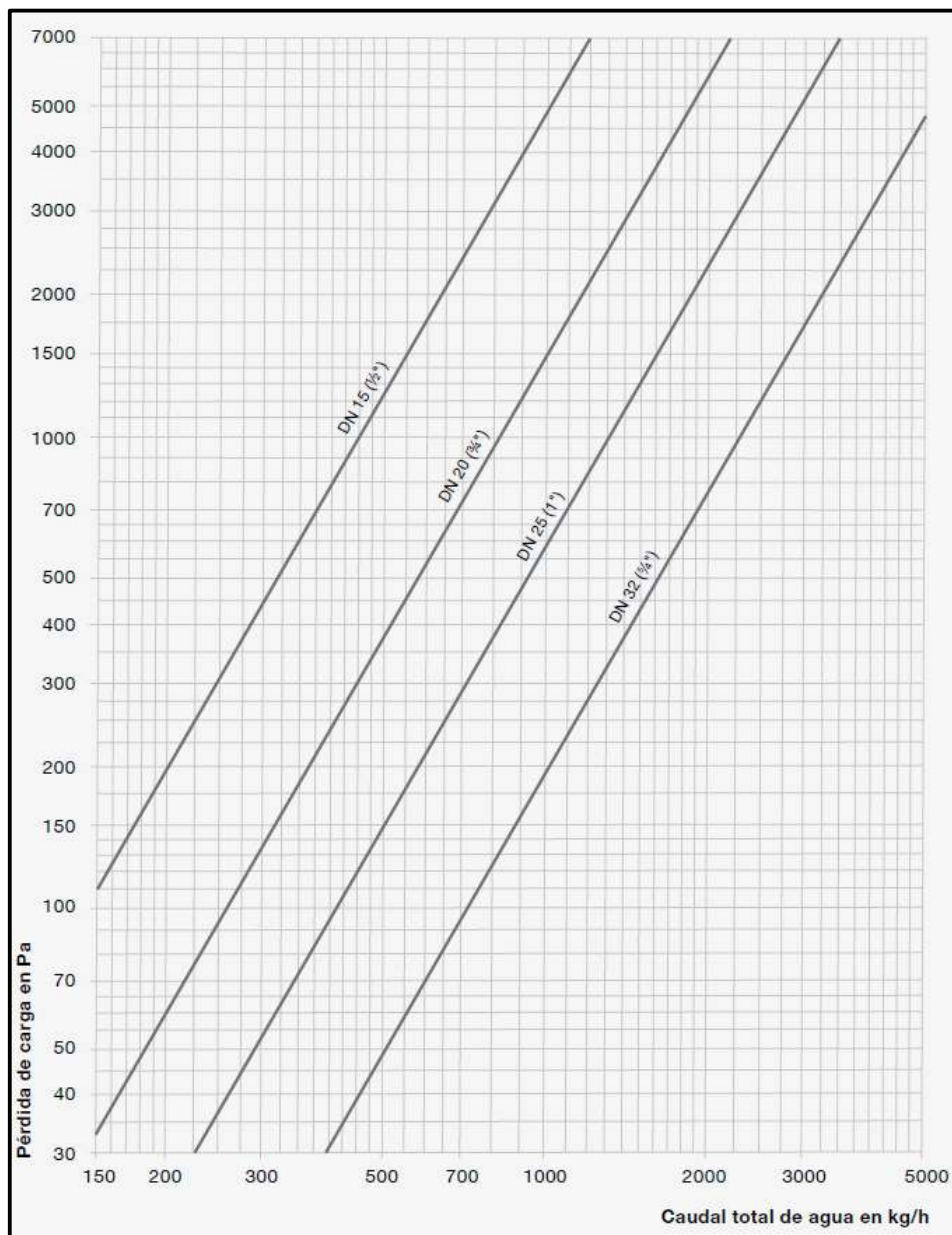


Figura 2 – Pèrdues de càrrega del parell de col·lectors

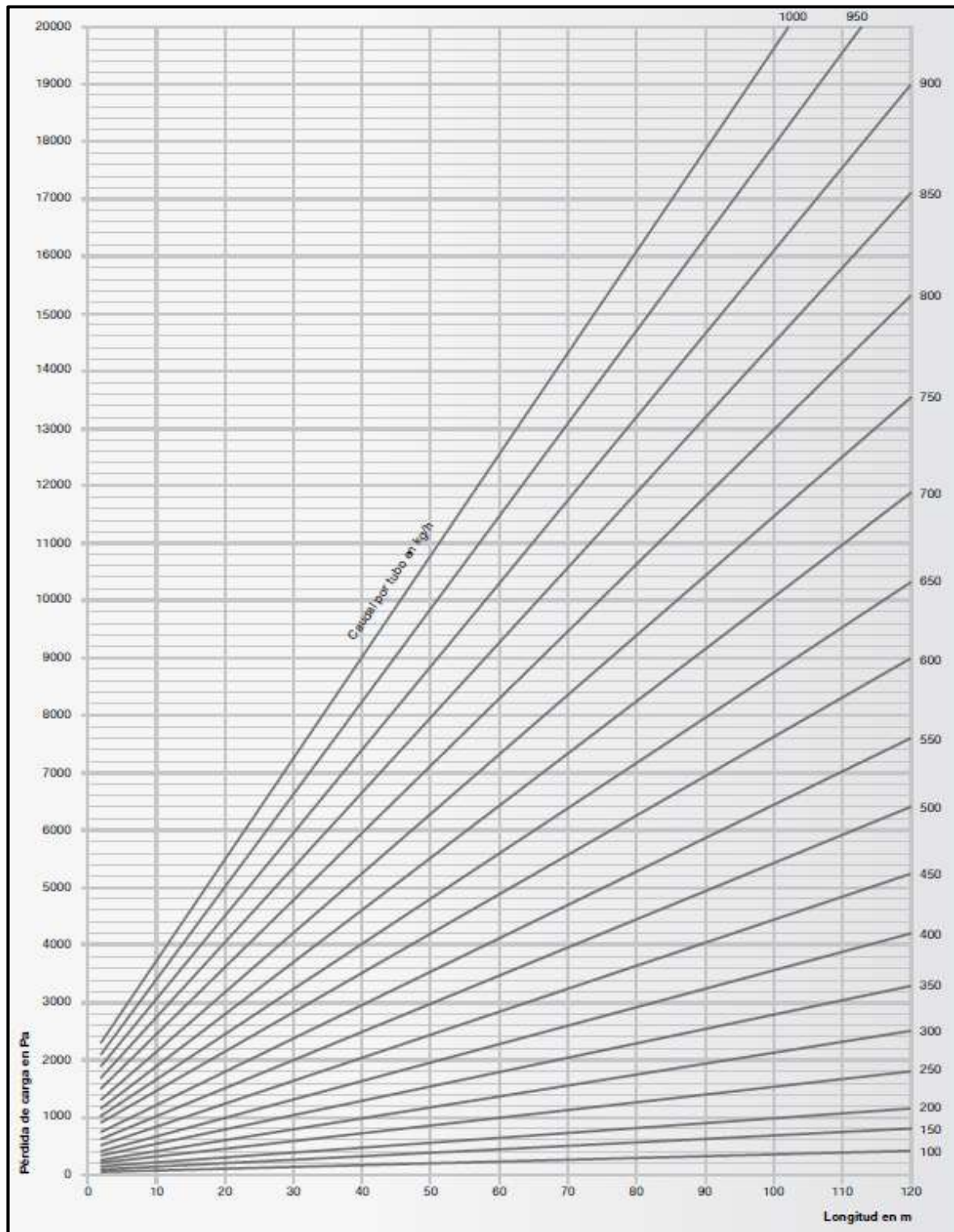


Figura 3 – Pèrdues de càrrega panells radiants

Les pèrdues de càrrega de cada circuit, tenint en compte només els panells radiants i els col·lectors que els uneixen són les següents:

NAU 2 (NORD)										
	Codi	Longitud [m]	Potència tèrmica [W]	Potència tèrmica [kcal/h]	Cabal de l'aigua [m3/h]	Cabal de l'aigua [kg/h]	Cabal / nº tubs	Pèrdues de càrrega (Anada) [Pa]	Pèrdues de càrrega totals [Pa]	Pèrdues de càrrega totals [mm.c.a]
Carredores	Z1	12	8.257	7.101,0	0,4	355,05	88,76	120	240	24,47
	Z2	12	8.257	7.101,0	0,4	355,05	88,76	120	240	24,47
	Z3	4	2.993	2.574,0	0,1	128,70	32,17	10	20	2,04
	Z4	14	9.573	8.232,8	0,4	411,64	102,91	130	260	26,51
<b>TOTAL</b>									<b>760</b>	<b>77</b>

NAU 3 (SUD)										
	Codi	Longitud [m]	Potència tèrmica [W]	Potència tèrmica [kcal/h]	Cabal de l'aigua [m3/h]	Cabal de l'aigua [kg/h]	Cabal / nº tubs	Pèrdues de càrrega [Pa]	Pèrdues de càrrega totals [Pa]	Pèrdues de càrrega totals [mm.c.a]
Tria de discos	Z5	21	14.179	12.193,9	0,6	609,7	152,4	620	1.240	126
Esmeril	Z6	22	14.837	12.759,8	0,6	638,0	159,5	660	1.320	135
	Z7	22	14.837	12.759,8	0,6	638,0	159,5	660	1.320	135
	Z8	3	2.335	2.008,1	0,1	100,4	25,1	8	16	2
Encolat i tria	Z9	10	6.941	5.969,3	0,3	298,5	74,6	80	160	16
	Z10	10	6.941	5.969,3	0,3	298,5	74,6	80	160	16
	Z11	14	9.573	8.232,8	0,4	411,6	102,9	130	260	27
	Z12	10	6.941	5.969,3	0,3	298,5	74,6	80	160	16
Marca tge	Z13	22	14.837	12.759,8	0,6	638,0	159,5	660	1.320	135
Expedició	Z14	14	9.573	8.232,8	0,4	411,6	102,9	130	260	27
	Z15	12	8.257	7.101,0	0,4	355,1	88,8	120	240	24
<b>TOTAL</b>									<b>6.456</b>	<b>658</b>

PÈRDUES DE CÀRREGA COL·LECTORS							
Potència tèrmica [W]	Potència tèrmica [kcal/h]	Cabal de l'aigua [m3/h]	Cabal de l'aigua [kg/h]	Nº Col·lectors	Cabal de l'aigua total col·lectors [kg/h]	Pèrdues de càrrega totals [Pa]	Pèrdues de càrrega totals [mm.c.a]
361	310,46	0,015523	15,523	15	232,845	150	15,30

Taula 21 – Pèrdues de càrregues Panells radiants i Col·lector

Les pèrdues de càrrega total son les següents:

<b>Pèrdues de càrrega total [Pa]</b>	<b>7.366</b>
<b>Pèrdues de càrrega total [mm.c.a]</b>	<b>751,12</b>

Taula 22 – Pèrdues de càrrega total

#### 4.2 Pèrdues de càrrega de les canonades d'impulsió i de retorn dels circuits secundaris

En totes les instal·lacions de canonades existeixen pèrdues per efecte de fricció del fluid amb les parets dels tubs. Aquestes pèrdues es verifiquen en trams rectes, corbes, accessoris, vàlvules, etc. És per aquest motiu que es poden definir dos tipus de pèrdues de càrrega, les primàries i les secundàries.

Les pèrdues de càrrega primària corresponen als trams rectes i es poden calcular mitjançant la fórmula de Darcy-Weisbach mostrada en la següent equació:

$$J_p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

(Eq. 11)

On:

$J_p$	Pèrdues de càrrega primàries [m.c.a]
$\lambda$	Coefficient de fricció
$L$	Longitud de la canonada en el tram recte [m]
$D$	Diàmetre de la canonada [m]
$v$	Velocitat del fluid [m/s]
$g$	Gravetat [m/s <sup>2</sup> ]

Pel càlcul de la pèrdua de càrrega primària, és necessari prèviament el càlcul del coeficient de fricció. Aquest coeficient es pot calcular de diferents maneres. La forma escollida, en aquest cas, ha estat mitjançant la fórmula de Colebrook tal i com es mostra en l'**equació 12**:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k}{3'71 \cdot D} + \frac{2'51}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

(Eq. 12)

On:

$\lambda$	Coefficient de fricció
$k$	Coefficient de rugositat absoluta del material de la canonada [mm]
$D$	Diàmetre de la canonada [mm]
$R_e$	Numero de Reynolds

El coeficient de rugositat absoluta és un paràmetre que s'obté en taules segons el material de que estigui feta la canonada. En el nostre cas, per una canonada de acer galvanitzada, tenim un coeficient de rugositat absoluta de  $k = 0,03mm$

El numero de Reynolds és un paràmetre adimensional, que segons el seu valor indica en quin règim es troba el fluid: laminar o turbulent, i el seu valor es pot calcular mitjançant l'equació següent:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

(Eq. 13)

On:

$R_e$	Numero de Reynolds
$v$	Velocitat del fluid [m/s]
$D$	Diàmetre de la canonada [m]
$\nu$	Viscositat cinemàtica del fluid [m <sup>2</sup> /s]

Considerem que la viscositat cinemàtica de l'aigua es  $1,004 \cdot 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$

Les pèrdues de càrrega secundàries corresponen a les corbes, té, vàlvules, etc. que pugui haver-hi a la instal·lació. Aquestes pèrdues es poden calcular de diferents maneres, la forma de càlcul escollida per aquest projecte, ha estat mitjançant la longitud equivalent obtinguda mitjançant taules i àbacs. Aquest càlcul es pot realitzar a través de la següent equació:

$$J_s = \sum \text{long}_{equivalent}$$

(Eq. 14)

On:

$J_s$	Pèrdua de càrrega secundària [m]
$\text{long}_{equivalent}$	Longitud equivalent dels elements corresponents [m]

La pèrdua de càrrega total és la suma de la pèrdua de càrrega primària més la pèrdua de càrrega secundària.

$$J_{TOTAL} = J_p + J_s$$

(Eq. 15)

Les pèrdues de càrrega dels diferents elements que componen la instal·lació, venen donades per les taules del propi fabricant. S'obtidran de la **taula 20** que indica la longitud equivalent de la canonada recte que provoca una pèrdua de càrrega similar a la dels accessoris.

LONGITUD EQUIVALENT ACCESSORIS			
Ønominal [mm]	Colze	Te	Valvula de pas
20	2,1	0,35	3,05
25	1,33	0,53	3,99
32	1,77	0,7	5,06
40	2,31	0,88	6,06
50	2,99	1,05	7,93
65	3,4	1,23	9,64
80	3,52	1,4	11,71
100	3,87	1,58	15,4
125	5,15	1,75	18,9

Taula 23 – Longituds equivalents accessoris canonades

S'escollirà el menor diàmetre possible, tenint en compte el següent:

- Considerem que les pèrdues de càrrega de cada tram ha de ser màxim 40mm.c.a/m
- Les velocitats han de ser inferiors a 2m/s, per evitar així el soroll i la producció de erosions en les canonades.

Les pèrdues de càrrega total s'obtenen mitjançant la suma, per un costat, de la multiplicació de la pèrdua equivalent obtinguda amb l'**equació 11** i la longitud de la canonada i d'altra banda, la pèrdua de càrrega produïda en els accessoris.

Per saber el diàmetre en mil·límetres, s'utilitza la següent taula:

ACER GALVANITZAT		
Øexterior ["]	Ønominal [mm]	Øint [mm]
3/8"	10	12,6
1/2"	15	16,1
3/4"	20	21,7
1"	25	27,3
1" 1/4	32	36
1" 1/2	40	41,9
2	50	53,1
2" 1/2	65	68,9
3"	80	80,9
4"	100	106,3
5"	125	129,7
6"	150	155,1

Taula 24 – Equivalència de diàmetres de canonades

Per obtenir el cabal màssic s'utilitza la següent equació:

$$Q = q_m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

(Eq. 16)

On:

$Q$	Potència necessària [W]
$m_a$	Cabal màssic [kg/s]
$C_e$	Calor específic de l'aigua [kJ/kg·°C]
$T_i$	Temperatura d'impulsió de l'aigua [°C]
$T_r$	Temperatura de retorn de l'aigua [°C]

Per passar el cabal a cabal volumètric, ho dividim per la densitat de l'aigua:

$$\rho_a \quad \text{Densitat de l'aigua [kg/m}^3\text{]}$$

Per calcular la velocitat fem servir la següent equació:

$$v = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot D^2}$$

(Eq. 17)

On:

$v$	Velocitat [m/s]
$q$	Cabal volumètric [m <sup>3</sup> /s]
$D$	Diàmetre [m]
$\pi$	Pi



		Tram	Potencia Panells radiants	Potència [W]	Potència [KW]	qm [kg/s]	qv [m³/s]	qv [l/h]	Longitud [m]	Longitud equivalent [m]	Diàmetre exterior ["]	Diàmetre interior [mm]	Velocitat [m/s]	R <sub>e</sub>	λ	Pèrdues de càrrega [mmca/m]	Pèrdues de càrrega total [mmca]
NAU 3 (SUD)	CANONADA IMPULS	A-B	Z14	9573	9,6	0,1	0,00012	418,8	14,75	4,38	1	27,3	0,20	5404,11	0,03863	42,01	804
		B-C	Z15	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	48,84	9,3	1 1/4	36	0,10	3534,75	0,04272	28,71	1.669
		C-D	Z13	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	3,8	4,52	1	27,3	0,31	8375,73	0,03486	23,46	195
		D-E	Z11	9573	9,6	0,1	0,00012	418,8	20,45	9,3	1 1/4	36	0,11	4098,12	0,04102	15,51	462
		E-F	Z10	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	6,95	4,52	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	11,30	130
		F-G	Z12	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	1,71	4,52	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	2,78	17
		G-H	Z9	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	8,32	4,52	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	13,53	174
		H-I	Z7	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	3,31	7,18	1	27,3	0,31	8375,73	0,03486	20,44	214
		I-J	Z6	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	6,66	4,52	1	27,3	0,31	8375,73	0,03486	41,12	460
		J-K	Z5	14179	14,2	0,2	0,00017	620,3	44,25	11,56	1 1/2	41,9	0,12	5215,20	0,03828	32,17	1.796
	K-L	TODO	106916	106,9	1,3	0,00130	4677,4	4,65	10,87	2 1/2	68,9	0,35	23914,56	0,02644	11,04	171	
	CANONADA RETORN	M-N	Z5	14179	14,2	0,2	0,00017	620,3	45,68	12,99	1 1/2	41,9	0,12	5215,20	0,03828	33,21	1.949
		N-O	Z6	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	6,81	4,52	1	27,3	0,31	8375,73	0,03486	42,05	476
		O-P	Z7	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	17,93	9,3	1 1/2	36	0,18	6351,59	0,03662	29,17	794
		P-Q	Z8	2335	2,3	0,0	0,00003	102,2	8,31	4,52	1	27,3	0,05	1318,15	0,05802	2,12	27
		Q-R	Z9	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	3,41	4,52	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	5,55	44
		R-S	Z12	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	5,27	4,52	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	8,57	84
		S-T	Z10	6941	6,9	0,1	0,00008	303,7	16,39	7,18	1	27,3	0,14	3918,31	0,04195	26,66	628
		T-U	Z11	9573	9,6	0,1	0,00012	418,8	11	4,52	1	27,3	0,20	5404,11	0,03863	31,33	486
U-V		Z13	14837	14,8	0,2	0,00018	649,1	11,96	7,53	1 1/4	36	0,18	6351,59	0,03662	19,46	379	
V-W		Z15	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	34,69	7,53	1 1/4	36	0,10	3534,75	0,04272	20,39	861	
W-X	TODO	109.251	109,3	1,3	0,00133	4779,6	121,13	42,57	4	106,3	0,15	15839,12	0,02832	36,81	6.026		
NAU 2 (NORD)	CANONADA IMPULS	A-B	Z2	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	5,78	4,38	1	27,5	0,17	4627,31	0,04015	12,28	125
		B-C	Z3	2993	3,0	0,0	0,00004	130,9	4,01	5,85	1	27,5	0,06	1677,31	0,05368	1,50	15
		C-D	Z1	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	12,44	4,52	1	27,5	0,17	4627,31	0,04015	26,42	448
		D-E	Z4	9573	9,6	0,1	0,00012	418,8	3,17	4,52	1	27,5	0,20	5364,81	0,03868	8,72	67
		E-F	TODO	29080	29,1	0,3	0,00035	1272,2	14,28	12,99	1 1/2	41,9	0,26	10695,95	0,03217	36,70	1.001
	CANONADA IMPULS	F-G	Z4	9573	9,6	0,1	0,00012	418,8	12,84	4,38	1	27,5	0,20	5364,81	0,03868	35,31	608
		G-H	Z1	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	1,85	4,52	1	27,5	0,17	4627,31	0,04015	3,93	25
		H-I	Z3	2993	3,0	0,0	0,00004	130,9	8,31	5,85	1	27,5	0,06	1677,31	0,05368	3,10	44
		I-J	Z2	8257	8,3	0,1	0,00010	361,2	22,12	11,07	1 1/4	36	0,10	3534,75	0,04272	13,00	432
		J-K	TODO	29080	29,1	0,3	0,00035	1272,2	25,96	8,97	2	53,1	0,16	8439,93	0,03362	21,33	745
																Tram mes desfavorable Nau 3	6.026
																Tram mes desfavorable Nau 2	1.001

Taula 25 – Pèrdues de càrrega canonades i accessoris

Els diàmetres obtinguts per a cada canonada són els descrits a la taula següent:

		Tram	Diàmetre exterior ["]	Diàmetre interior [mm]
NAU 3 (SUD)	CANONADA IMPULS	A-B	1	27,3
		B-C	1 1/4	36
		C-D	1	27,3
		D-E	1 1/4	36
		E-F	1	27,3
		F-G	1	27,3
		G-H	1	27,3
		H-I	1	27,3
		I-J	1	27,3
		J-K	1 1/2	41,9
	K-L	2 1/2	68,9	
	CANONADA RETORN	M-N	1 1/2	41,9
		N-O	1	27,3
		O-P	1 1/2	36
		P-Q	1	27,3
		Q-R	1	27,3
		R-S	1	27,3
		S-T	1	27,3
		T-U	1	27,3
		U-V	1 1/4	36
V-W		1 1/4	36	
W-X	4	106,3		
NAU 2 (NORD)	CANONADA IMPULS	A-B	1	27,5
		B-C	1	27,5
		C-D	1	27,5
		D-E	1	27,5
		E-F	1 1/2	41,9
	CANONADA IMPULS	F-G	1	27,5
		G-H	1	27,5
		H-I	1	27,5
		I-J	1 1/4	36
		J-K	2	53,1

Taula 26 – Diàmetres canonades

### 4.3 Longitud equivalent dels accessoris de les canonades del circuit secundari

Cada circuit disposarà de diferents elements, com colzes, vàlvules de pas, té, etc. que provoquen una pèrdua de càrrega en la instal·lació.

Per poder determinar la pèrdua de càrrega total que hi haurà en cada circuit s'ha de sumar la longitud equivalent dels diferents accessoris a la longitud de la canonada i multiplicar la longitud total per la pèrdua de càrrega unitària, com podem veure a la **Taula 27**.

Les longituds equivalents dels accessoris estan especificats a la següent taula:

Ø nominal [mm]	Colze	Te	Valvula de pas
20	2,1	0,35	3,05
25	1,33	0,53	3,99
32	1,77	0,7	5,06
40	2,31	0,88	6,06
50	2,99	1,05	7,93
65	3,4	1,23	9,64
80	3,52	1,4	11,71
100	3,87	1,58	15,4
125	5,15	1,75	18,9

Taula 27 – Longituds equivalents accessoris

Els accessoris que disposem pel circuit 2 per cada tram els podem veure a la taula següent:

	TRAM	Ø nominal [mm]	Nº COLZES	Nº TÉ	Nº VÀLVULA DE PAS	LONGITUD EQUIVALENT [m]
<b>CIRCUIT 2</b>	A-B	27,5	1		1	4,38
	B-C	27,5	1	1	1	5,85
	C-D	27,5		1	1	4,52
	D-E	27,5		1	1	4,52
	E-F	41,9	3		1	12,99
	F-G	27,5	1		1	4,38
	G-H	27,5		1	1	4,52
	H-I	27,5	1	1	1	5,85
	I-J	36	3	1	1	11,07
	J-K	53,1	3			8,97
				<b>13</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

Taula 28 - Accessoris Circuit 2

Els accessoris que disposem pel circuit 1 per cada tram son els següents:

	TRAM	Ønominal [mm]	Nº COLZES	Nº TÉ	Nº VÀLVULA DE PAS	LONGITUD EQUIVALENT [m]
CIRCUIT 1	A-B	27,3	1		1	4,38
	B-C	36	2	1	1	9,3
	C-D	27,3		1	1	4,52
	D-E	36	2	1	1	9,3
	E-F	27,3		1	1	4,52
	F-G	27,3		1	1	4,52
	G-H	27,3		1	1	4,52
	H-I	27,3	2	1	1	7,18
	I-J	27,3		1	1	4,52
	J-K	41,9	2	1	1	11,56
	K-L	65		1	1	10,87
	M-N	41,9	3		1	12,99
	N-O	27,3		1	1	4,52
	O-P	36	2	1	1	9,3
	P-Q	27,3		1	1	4,52
	Q-R	27,3		1	1	4,52
	R-S	27,3		1	1	4,52
	S-T	27,3	2	1	1	7,18
	T-U	27,3		1	1	4,52
	U-V	36	1	1	1	7,53
V-W	36	1	1	1	7,53	
W-X	106,3	11			42,57	
			<b>29</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>TOTAL</b>

Taula 29 – Accessoris Circuit 1

## 4.4 Pèrdues de càrrega totals en els circuits secundaris

		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 30 – Pèrdues de càrrega totals circuit secundari

Amb els resultats anteriors, el cabal necessari i la màxima pèrdua de càrrega pel circuit de les dos naus son les següents:

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

Taula 31 – Cabals i pèrdua de càrrega màxima circuit secundari

La màxima pèrdua de càrrega de la Nau 3 (Sud) es dona en el circuit del Panell radiant Z14 que és el panell radiant més allunyat del col·lector principal. Pel que fa a la Nau2 (Nord), la màxima pèrdua de càrrega es el circuit de retorn del Panell Radiant Z4 fins el col·lector principal.



## 5. ANNEX V: CÀLCULS D'EQUIPS:

## 5.1 Equip de generació d'aigua calenta.

Les característiques de la caldera seleccionada del fabricant TRISTAR les podem trobar a les figures 4 i 5:

## Combustibles gas y gasóleo

### Grupos Térmicos de acero de Baja Temperatura

#### TRISTAR

Grupo térmico de acero de Baja Temperatura, de 200 a 475 kW de potencia para instalaciones de calefacción por agua caliente hasta 5 bar y 100 °C.

#### Características principales

- Caldera TriStar, monobloc de chapa de acero calorifugada con aislante de fibra de vidrio de 70 mm de espesor.
- Hogar sobrepresionado con cámara de combustión y circuito de humos totalmente refrigerados.
- Homologada como Baja Temperatura según la Directiva de Rendimientos 92/42/CEE.
- Elevado nivel de rendimiento instantáneo del 94 - 95% (★★★).
- Turbuladores de acero inoxidable de alta eficiencia y duración.
- Caja de humos con salida horizontal y calorifugada con aislante y envolvente, provista de puerta seguridad antiexplosión.
- Puerta reversible, fácilmente adaptable para abrirse hacia la derecha o a la izquierda según necesidades de la instalación.
- Conexiones de Ida y Retorno situadas en la parte superior de la caldera.
- Envolvente de chapa de acero pintada al horno que incluye drenado de la puerta.
- Equipada con cuadro de regulación y control.
- Aislamiento de la puerta con material cerámico ligero de baja inercia térmica.
- Diseño con amplias cámaras de agua que aportan menos frecuencias de encendido del quemador y evitan la necesidad de tener que garantizar un caudal mínimo de agua a través de la caldera.
- Cámara de combustión sobredimensionada para una baja carga térmica, lo que unido a la utilización de acero especial P235GH, proporciona una larga vida útil al producto.
- Rendimiento estacional del 96% en toda la gama

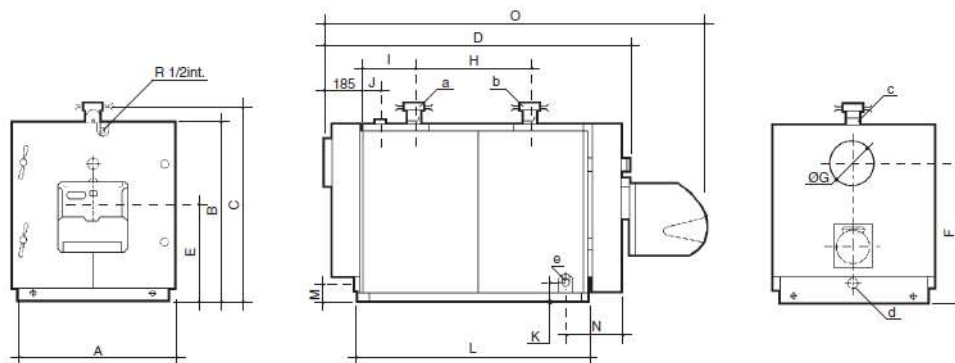


#### Forma de suministro

- Cuerpo de caldera completamente montado, incluyendo: turbuladores, conjunto puerta de seguridad antiexplosión, volantes cierre puerta, cepillo de limpieza y manta aislante.
- Envolvente, incluyendo accesorios de fijación de la envolvente, flejes sujeción manta aislante, visor mirilla y cuadro de control, en modelos con cuadro básico de 2 etapas.
- Cuadro digital KSF en los modelos solicitados con este cuadro.
- Circulador anticondensación.
- Quemador de Gas o Gasóleo de 2 etapas o Modulante (ver tabla de acoplamiento quemadores)
- Línea de Gas (versiones con quemador de Gas)
- Kit gas propano (versiones con quemador de Gas propano)

Los modelos con quemador modulante, se suministran siempre con cuadro de control KSF.

#### Dimensiones y Características Técnicas



Modelos	Cotas mm															Conexiones				
	A	B	C	D	E	F	OG	H	I	J	K	L	M	N	O	Ida Ø int	Retorno Ø int	de seguridad Ø int	Vaciado Ø int	Vaciado Ø int
TRISTAR 200	980	1.070	1.162	1.665	575	825	245	495	346	181	115	1.250	110	336	2.057	DN80	DN80	2"	1 1/2"	1 1/4"
TRISTAR 240	980	1.070	1.162	1.818	575	825	245	645	346	181	115	1.400	110	336	2.225	DN80	DN80	2"	1 1/2"	1 1/4"
TRISTAR 280	980	1.070	1.162	1.915	575	825	245	745	346	181	115	1.500	110	336	2.325	DN80	DN80	2"	1 1/2"	1 1/4"
TRISTAR 330	1.080	1.190	1.284	1.940	645	920	295	760	346	181	133	1.525	128	336	2.352	DN100	DN100	2"	1 1/2"	1 1/4"
TRISTAR 400	1.080	1.190	1.284	2.155	645	920	295	976	346	181	133	1.741	128	336	2.567	DN100	DN100	2"	1 1/2"	1 1/4"
TRISTAR 475	1.210	1.320	1.412	2.195	710	1.025	345	949	406	216	135	1.761	110	356	2.819	DN100	DN100	2 1/2"	2"	1 1/4"

Figura 4 – Característiques caldera

## Combustible gas

### Grupos Térmicos de acero

Modelo	Potencia útil		% Rendimiento (1) útil con carga		Sobrepresión cámara combustión mm.c.a. (2)	Pérdida presión circuito agua $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$ mm.c.a.	Peso aprox. kg	Capacidad agua litros
	kcal/h	kW	100 %	30 %				
TRISTAR 200	172.000	200	94,7	95,5	33	190	588	272
TRISTAR 240	206.400	240	94,9	96,1	40	250	645	297
TRISTAR 280	240.800	280	95,1	96,5	51	330	695	311
TRISTAR 330	283.800	330	95,1	96,9	56	260	835	453
TRISTAR 400	344.000	400	95,4	97,5	52	350	940	503
TRISTAR 475	408.500	475	95,4	98,0	57	270	1.180	689

(1) = Temperatura media del agua 70 °C al 100% y de 40 °C al 30%.  
(2) = A potencia nominal y CO<sub>2</sub> = 11%.

Tabla acoplamiento quemadores

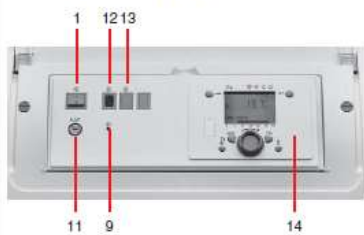
Modelo	Gasóleo		Gas	
	2 potencias	Modulante	2 potencias	Modulante
TRISTAR 200	TECNO 34-L	-	CRONO 30-G2	TECNO 34-GM
TRISTAR 240	TECNO 34-L	-	CRONO 30-G2	TECNO 34-GM
TRISTAR 280	TECNO 44-L	-	TECNO 44-G	TECNO 44-GM
TRISTAR 330	TECNO 44-L	-	TECNO 44-G	TECNO 44-GM
TRISTAR 400	TECNO 50-L	TECNO 50-LM	TECNO 44-G	TECNO 44-GM
TRISTAR 475	TECNO 50-L	TECNO 50-LM	TECNO 70-G	TECNO 70-GM

### Cuadros de regulación y control

Cuadro de control básico  
(2 etapas)



Cuadro de control digital KSF

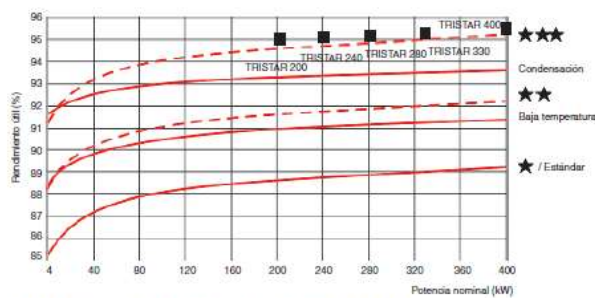


1. Interruptor general.
2. Piloto tensión.
3. Termostato regulación.
4. Piloto primera etapa.
5. Contador de horas primera etapa.
6. Contador de horas segunda etapa.
7. Piloto segunda etapa.
8. Termohidrómetro.
9. Termostato seguridad.
10. Piloto bloqueo quemador.
11. Fusible 6,3 A
12. Piloto bloqueo caldera por sobretemperatura
13. Pulsador de rearme programador quemadores
14. Unidad de regulación con pantalla LCD

#### Accesorios cuadro de control KSF

Para consultar los accesorios del cuadro KSF (Ver "Sistemas de Control para calderas de mediana y gran potencia").

### Curvas de rendimientos (Directiva europea 92/42/CEE) Grupos térmicos TRISTAR a potencia nominal



\* La directiva establece los rendimientos hasta 400 kW, por tanto la TriStar 475 no entra dentro de esta clasificación.

Figura 5 - Características caldera

## 5.2 Bombes de circulació

La instal·lació disposa de dues bombes de circulació d'impulsió (una per a cada nau) i dos mes per averies.

El cabal necessari i la pèrdua de càrrega a vèncer de les bombes circuladores son les descrites a la **taula 31**.

Les característiques de les bombes seleccionades són les següents:



## EBARA ELINE/EBARA ELINE-D



### ELECTROBOMBA MONOBLOC TIPO IN-LINE

**Eline:** Bomba centrífuga vertical, de un solo impulsor, con carcasa en espiral, no autoaspirante, en ejecución In-Line, con cierre mecánico.

**Eline-D:** Formada por dos bombas centrífugas verticales en un solo cuerpo, no autoaspirante, en ejecución In-Line con cierre mecánico.

Adecuadas en circuitos de calefacción bajo presión, circuitos de agua fría y de refrigeración. Abastecimiento de agua, aumento de presión y bucles de distribución de agua caliente sanitaria. En general, para cualquier industria donde haya que bombear líquidos claros, sin partículas abrasivas en suspensión y químicamente neutras.

Para una mayor información solicitar Catálogo Climatización y CD de cálculo



Modelo para Trabajo en Intemperie.



EBARA CLI  
Cod. CBCLI2.0.0/12  
Actualizable via internet

### PRESTACIONES

Gama:

- Tamaño nominal de bocas.

**Eline**  
**Eline-D**

- Velocidad Máxima

Fluidos:

- Características
- Temperatura máxima
- Máxima presión de trabajo

DN

40-50-65-80-100-125-150-200

40-50-60-80-100-125-150

3.600 r.p.m.

Líquidos limpios

-10°C / +120°C (140°C bajo demanda)

10 bar

### CONSTRUCCIÓN ESTÁNDAR

Materiales estándar:

- Cuerpo\*
- Linterna
- Impulsor\*\*
- Eje
- Juntas
- Cierre mecánico

Hierro Fundido (GG25)

Hierro Fundido (GG25)

Hierro Fundido (GG20)

Ac. Inox. 1.4401

KLINGERIT

Carbón / Cerámica

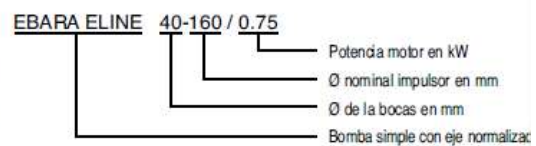
(\*) Bronce bajo demanda

(\*\*) Bronce y acero inoxidable bajo demanda

### DATOS TÉCNICOS

- Motor trifásico con potencias nominales inferiores a 7,5 kW eficiencia IE2.
- Motor trifásico con potencias nominales a partir de 7,5 kW eficiencia IE3.
- Protección IP55, con brida.
- Velocidad de rotación: 1.450 - 2.900 r.p.m.
- Tensión: hasta 4 kW (230/400V) superior (400/700V)
- Frecuencia: 50 Hz (60 Hz bajo demanda).
- Aislamiento: Clase F.
- Temperatura ambiente: 40°C máximo.

### EJECUCIÓN SIMPLE



### EJECUCIÓN DOBLE

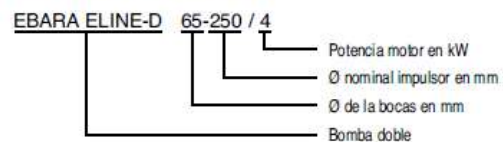


Figura 6 – Característiques Bomba circuladora



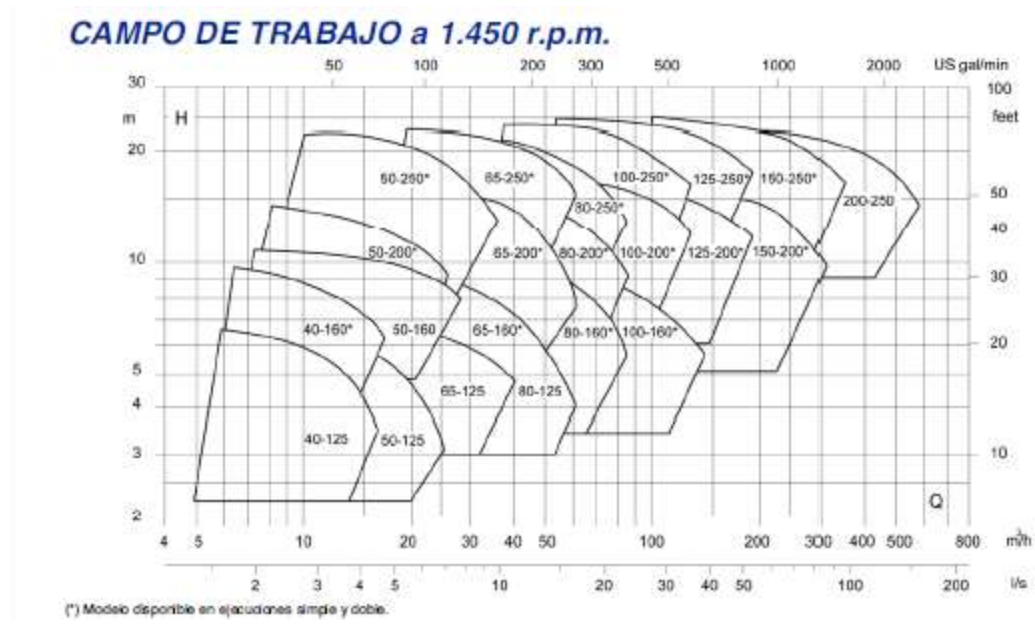


Figura 7 – Característiques bomba circuladora



## EBARA ELINE/EBARA ELINE-D

**ELECTROBOMBA MONOBLOC TIPO IN-LINE**



**Eline:** Bomba centrífuga vertical, de un solo impulsor, con carcasa en espiral, no autoaspirante, en ejecución In-Line, con cierre mecánico.

**Eline-D:** Formada por dos bombas centrífugas verticales en un solo cuerpo, no autoaspirante, en ejecución In-Line con cierre mecánico.

Adecuadas en circuitos de calefacción bajo presión, circuitos de agua fría y de refrigeración. Abastecimiento de agua, aumento de presión y bujes de distribución de agua caliente sanitaria. En general, para cualquier industria donde haya que bombear líquidos claros, sin partículas abrasivas en suspensión y químicamente neutras.

**Para una mayor información solicitar Catálogo Climatización y CD de cálculo**



**Modelo para Trabajo en Intemperie.**

**PRESTACIONES**

Gama:

- Tamaño nominal de bocas. **Eline**
- **Eline-D**
- Velocidad Máxima

Fluidos:

- Características
- Temperatura máxima
- Máxima presión de trabajo

DN

40-50-65-80-100-125-150-200

40-50-60-80-100-125-150

3.600 r.p.m.

Líquidos limpios

-10°C / +120°C (140°C bajo demanda)

10 bar

**CONSTRUCCIÓN ESTÁNDAR**

Materiales estándar:

- Cuerpo \*
- Linterna
- Impulsor\*\*
- Eje
- Juntas
- Cierre mecánico

(\*) Bronce bajo demanda  
(\*\*) Bronce y acero inoxidable bajo demanda

Hierro Fundido (GG25)

Hierro Fundido (GG25)

Hierro Fundido (GG20)

Ac. Inox. 1.4401

KLINGERIT

Carbón / Cerámica

**DATOS TÉCNICOS**

- Motor trifásico con potencias nominales inferiores a 7,5 kW eficiencia **IE2**.
- Motor trifásico con potencias nominales a partir de 7,5 kW eficiencia **IE3**.
- Protección IP55, con brida.
- Velocidad de rotación: 1.450 - 2.900 r.p.m.
- Tensión: hasta 4 kW (230V/400V) superior (400/700V)
- Frecuencia: 50 Hz (60 Hz bajo demanda).
- Aislamiento: Clase F.
- Temperatura ambiente: 40°C máximo.

**EJECUCIÓN SIMPLE**

EBARA ELINE 40-160 / 0,75



Potencia motor en kW

Ø nominal impulsor en mm

Ø de la bocas en mm

Bomba simple con eje normalizado

**EJECUCIÓN DOBLE**

EBARA ELINE-D 65-250 / 4



Potencia motor en kW

Ø nominal impulsor en mm

Ø de la bocas en mm

Bomba doble

Figura 8 - Característiques bomba circuladora

### 5.3 Disseny del dipòsit d'inèrcia.

Per evitar les parades i arrencades de la caldera massa sobtades s'utilitza el dipòsit d'inèrcia. L'objectiu d'aquest dipòsit és disposar d'un volum d'aigua afegit a la resta del volum acumulat de la instal·lació, de forma que s'aprofiti la seva inèrcia tèrmica per evitar la connexió i desconnexió en un temps massa breu, cosa que escurçaria la vida de la màquina.

Mitjançant l'**equació 23** de la **memòria**, obtindrem el volum:

$$V = \frac{Q}{C_e \cdot \Delta T \cdot \rho} \cdot t = \frac{200KW}{\frac{4.1816kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 1.6^\circ C \cdot \frac{1000kg}{m^3}} \cdot \left(1min \cdot \frac{60s}{1min}\right) = 1.793m^3$$

Potència de la caldera:

$$200kW = 200.000W$$

Restarem a aquest volum d'aigua, el volum d'aigua que tenim de tota la instal·lació hidràulica:

		Tram	Longitud [m]	Diàmetre interior [mm]	Volum [m <sup>3</sup> ]
NAU3 (SUD)	CANONADA IMPULS	A-B	14,75	27,3	0,02
		B-C	48,84	36	0,10
		C-D	3,8	27,3	0,00
		D-E	20,45	36	0,04
		E-F	6,95	27,3	0,01
		F-G	1,71	27,3	0,00
		G-H	8,32	27,3	0,01
		H-I	3,31	27,3	0,00
		I-J	6,66	27,3	0,01
		J-K	44,25	41,9	0,12
	K-L	4,65	68,9	0,03	
	CANONADA RETORN	M-N	45,68	41,9	0,13
		N-O	6,81	27,3	0,01
		O-P	17,93	36	0,04
		P-Q	8,31	27,3	0,01
		Q-R	3,41	27,3	0,00
		R-S	5,27	27,3	0,01
		S-T	16,39	27,3	0,02
		T-U	11	27,3	0,01
		U-V	11,96	36	0,02
V-W		34,69	36	0,07	
NAU2 (NORD)	CANONADA IMPULS	A-B	5,78	27,5	0,01
		B-C	4,01	27,5	0,00
		C-D	12,44	27,5	0,01
		D-E	3,17	27,5	0,00
		E-F	14,28	41,9	0,04
	CANONADA IMPULS	F-G	12,84	27,5	0,02
		G-H	1,85	27,5	0,00
		H-I	8,31	27,5	0,01
		I-J	22,12	36	0,05
		J-K	25,96	53,1	0,11
					<b>0,92</b>

Taula 32 – Volum total

$$1.793m^3 - 0,92m^3 = 0,873m^3 = 873L$$

S'instal·larà un dipòsit d'inèrcia de 1000L.

### 5.1 Disseny del vas d'expansió.

El vas d'expansió té la funció d'absorbir les variacions de volum del fluid contingut en el circuit tancat al variar la seva temperatura. Mantenint la pressió entre els límits preestablerts i impedit les pèrdues i reposicions.

A continuació es calcula el coeficient d'expansió per una temperatura màxima de 80°C.

$$C_e = (3,24 \cdot 80^2 + 102,13 \cdot 80 - 2708,3) \cdot 10^{-6} = 0,031$$

Tot seguit, es calcula el coeficient de pressió, que representa la relació entre el volum total i el volum útil del vas d'expansió.

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = \frac{10}{10 - 1} = 1,11$$

Per tant, el vas d'expansió serà:

$$V_{vas\ d'expansió} = 0,92 \cdot 0,031 \cdot 1,1 = 0,031m^3 \rightarrow 30\ L$$