

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



**Diseño e instalaciones auxiliares de nave agroalimentaria para
almacenamiento de materias primas (Nave F)**

DOCUMENTO 1: ANEJOS A LA MEMORIA

Trabajo Final de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

ALUMNA: Sandra Hernández Ruiz

TUTOR: José María Molina Hidalgo

COTUTOR: Penélope Gutiérrez Colomer

AÑO ACADÉMICO: 2017-2018

VALENCIA, 27 DE NOVIEMBRE DE 2017

Índice de los anejos

Anejo 1: Justificación de la ubicación

Anejo 2: Construcción

Anejo 3: Instalación frigorífica

Anejo 4: Instalación hidráulica

ANEJO 1:

JUSTIFICACIÓN DE LA

UBICACIÓN

Índice del anejo

1. Emplazamiento de la industria.....	1
2. Identificación de riesgos.....	2

Índice de figuras

Figura 1: Fisiografía.....	2
Figura 2: Vulnerabilidad de acuíferos.....	2
Figura 3: Clasificación del terreno.....	2

1. Emplazamiento de la industria

Para elegir la ubicación de la nave se ha empleado *Terrasit* , proporcionado por la *Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient de la Generalitat Valenciana*.

La nave se ha situado en el término municipal de Utiel, municipio perteneciente a la comarca de Utiel-Requena ubicada en el oeste de la Comunidad Valenciana.

Las coordenadas UTM son:

Sistema de Referencia ETRS89-UTM Huso 30

X:652330

Y:4380575

Los datos identificativos de la parcela son:

-Provincia 46: Valencia

-Municipio 251: Utiel

-Polígono:33

-Parcela: 152

La nave es accesible, ya que se encuentra próxima al desvío Utiel Oeste de la A-3.

Además, la carretera N-III también se encuentra en las inmediaciones.

2. Identificación de riesgos

La ubicación de la nave se ha escogido considerando que no debe estar afectada por ningún Plan de Ordenación de Recursos Naturales y el suelo debe ser no urbanizable.

La zona no presenta riesgos importantes de deslizamiento, inundación ni vulnerabilidad de acuíferos.



Figura 1: Fisiografía



Figura 2: Vulnerabilidad de acuíferos



Figura 3: Clasificación del suelo

ANEJO 2:

CONSTRUCCIÓN

Índice del anejo

1. Diseño de la nave.....	1
2. Definición de materiales.....	1
3. Definición de las cargas.....	2
3.1 Acciones constantes.....	2
3.2 Acciones variables.....	2
3.3 Carga total.....	4
4. Cálculo de la estructura.....	4
4.1 Correas.....	4
4.1.1 Cálculo de las cargas.....	4
4.1.2 Modelo estructural.....	5
4.1.3 Elección del tipo de perfil.....	5
4.1.4 Comprobación a resistencia.....	5
4.1.5 Comprobación a deformación.....	6
4.2 Estructura principal.....	6
4.2.1 Cercha.....	6
4.2.1.1 Numeración de nudos y barras.....	6
4.2.1.2 Cálculo de las reacciones.....	7
4.2.1.3 Cálculo de los axiles en cada barra.....	7
4.2.1.4 Selección de perfiles.....	11
4.2.1.5 Comprobación a resistencia y pandeo.....	12
4.2.2 Pilares.....	14
4.2.2.1 Cargas que debe soportar.....	14
4.2.2.2 Cálculo de esfuerzos y deformaciones.....	15
4.2.2.3 Selección del perfil.....	15
4.2.2.4 Comprobación a resistencia y pandeo.....	15
4.2.2.5 Comprobación desplome del pilar.....	16
5. Cálculo de la cimentación.....	16
5.1 Determinación de los esfuerzos.....	16
5.2 Características del suelo.....	17

5.3 Dimensionado de la zapata.....17

Índice de tablas

Tabla 1: Sobrecarga de uso.....2

Tabla 2: Sobrecarga de nieve.....3

Tabla 3: Tabla resumen de esfuerzos.....10

Tabla 4: Selección de perfiles.....11

Tabla 5: Comprobación a resistencia en barras sometidas a tracción.....12

Tabla 6: Comprobación a resistencia de barras sometidas a compresión.....13

Tabla 7: Comprobación a pandeo de barras sometidas a compresión.....13

Tabla 8: Coeficiente de exposición al viento.....14

Tabla 9: Datos de interés del suelo.....17

Tabla 10: Dimensiones de la zapata.....17

Índice de figuras

Figura 1: Zona de clima invernal.....3

Figura 2: Numeración de los nudos.....6

Figura 3: Numeración de las barras.....7

Figura 4: Cargas y reacciones producidas en la cercha.....7

Figura 5: Reacciones en el nudo 1.....7

Figura 6: Reacciones en el nudo 8.....8

Figura 7: Reacciones en el nudo 9.....	8
Figura 8: Reacciones en el nudo 2.....	8
Figura 9: Reacciones en el nudo 10.....	8
Figura 10: Reacciones en el nudo 11.....	9
Figura 11: Reacciones en el nudo 3.....	9
Figura 12: Reacciones en el nudo 12.....	9
Figura 13: Reacciones en el nudo 13.....	10
Figura 14: Dimensiones de la zapata.....	17

1. Diseño de la nave

La estructura elegida para la nave está formada por cerchas simples.

Se han seguido criterios de deformabilidad, resistencia y estabilidad a la hora de calcular los parámetros y definir los elementos.

Se ha decidido que la nave tenga unas dimensiones de 40x20 m.

La separación entre correas es de 2 m de manera que coinciden con montantes o diagonales.

No ha sido necesario el uso de juntas de dilatación en las correas al ser la longitud de la nave de 40 m.

La separación entre cerchas es de 5 m y la separación entre los pilares del muro hastial es de 4 m, coincidiendo con las correas.

2. Definición de materiales

Acero de edificación S275JR se ha empleado para las cerchas, pilares y correas. Sus características son:

- $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$
- $f_u = 410 \text{ N/mm}^2$
- $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

Hormigón HA-25 se ha utilizado para la cimentación, solera y forjados. Sus características son:

$$-f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$-f_{cd} = 166,6 \text{ kp/cm}^2$$

$$-\rho_{\text{hormigón armado}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Perfiles HEB se han empleado para los pilares y perfiles IPE en el caso de las correas.

3. Definición de las cargas

3.1 Acciones constantes

Peso de las correas

Estimado en 6 kg/m^2

Peso de la estructura

Estimado en 20 kg/m^2 al ser la luz de la cercha 20 m.

Peso de la cubierta

La cubierta instalada es de tipo sandwich con un peso estimado de 14 kg/m^2 .

Otras cargas:

Se incluyen las cargas ocasionadas por tuberías, falsos techos, techos de las cámaras y luminarias.

En total se estiman en 30 kg/m^2

El total de las acciones constantes asciende a 70 kg/m^2

3.2 Acciones variables

Sobrecarga de uso

Según el CTE-DB-SE-AE se considera una sobrecarga de uso de 40 kg/m^2

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B y D)	C1	Zonas de mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas de asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles, salas de exposición en museos, etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasios o actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc.)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (*)
F	Cubiertas transitables accesibles solo privadamente			1	2
G	Cubiertas accesibles solo para conservación	G1	Cubiertas $\alpha < 20^\circ$	$P_{\text{cubierta}} \leq 1 \text{ kN/m}^2$	0.4
				$P_{\text{cubierta}} > 1 \text{ kN/m}^2$	1
		G2	Cubiertas con inclinación $> 40^\circ$ (**)	0	2

Tabla 1: Sobrecarga de uso

Sobrecarga de nieve

Según se refleja en la figura 1 y en la Tabla 2, la sobrecarga de nieve en Utiel sería 60 kg/m².



Figura 1: Zona de clima invernal

Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m ²)							
Altitud (m)	Zona de clima invernal						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	4,3	0,2
1.800-2000	4,3	4,6	4,0	4,6	2,5	4,3	0,2

Tabla 2: Sobrecarga de nieve

Viento

El viento no se considera a la hora de diseñar la cercha, ya que no es relevante. Sin embargo, sí se contabiliza en el dimensionado del pilar.

El total de acciones variables asciende a 100 kg/m^2

3.3 Carga total

Las acciones constantes se han mayorado aplicando un coeficiente de mayoración de 1,35 y de 1,50 en el caso de las acciones variables.

$$\text{Carga total} = 1.35 \cdot 70 + 1.5 \cdot 100 = 244,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Coef may. global} = \frac{1,35 \cdot 70 + 1,5 \cdot 100}{70 + 100} = 1,4382$$

Cálculo de cargas

$$\text{Carga lineal (q)} = \text{Carga total} \cdot \text{distancia entre cerchas} = 244,5 \cdot 5 = 1222,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga puntual (F)} = \text{Carga lineal} \cdot \text{distancia entre correas} = 1222,5 \cdot 2 = 2445 \text{ kg}$$

4. Cálculo de la estructura

4.1 Correas

4.1.1 Cálculo de las cargas

En este apartado, se contabiliza el peso de la correa, que se estima en 6 kg/m^2 y el de la cubierta de 14 kg/m^2 .

El peso de la estructura y las cargas contempladas previamente en el apartado “otras cargas” (tuberías, falsos techos, techos de las cámaras y luminarias) se descuentan del valor de carga por acciones constantes calculado con anterioridad.

Como acciones variables se considerarán la sobrecarga de uso y de nieve, que suponen 100 kg/m^2 .

Carga total

Se han aplicado dos coeficientes de mayoración distintos: 1,35 para cargas de acciones constantes y 1,50 para cargas de acciones variables.

$$\text{Carga total} = 1,35 \cdot 20 + 1,50 \cdot 100 = 177 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga lineal} = 177 \text{ kg/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 354 \text{ kg/m}$$

4.1.2. Modelo estructural

Se ha considerado para realizar los cálculos que las vigas son biapoyadas.

$$M_{\text{máx}} = 0,125 \cdot q \cdot L^2$$

$$M_y = M_{\text{máx}} \cdot \cos \alpha$$

4.1.3. Elección del tipo de perfil

El perfil escogido es IPE – 140, cuyas características más relevantes son:

$$A = 16,4 \text{ m}^2$$

$$I_y = 541 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 77,3 \text{ cm}^3$$

4.1.4. Comprobación a resistencia

Perfil seleccionado: IPE – 140

$$M_{\text{máx}} = 0,125 \cdot q \cdot L^2 = 0,125 \cdot 354 \cdot 5^2 = 1106,25 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Siendo:

q: carga lineal calculada previamente.

L: separación entre cerchas.

Al ser la pendiente de la cubierta del 10% $\rightarrow \alpha = 5,71^\circ$

$$M_{y,Ed} = M_{\max} \cdot \cos \alpha = 1106,25 \cdot \cos 5,71 = 1100,76 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \longrightarrow \quad \frac{0}{16,4 \cdot 1800} + \frac{110076}{77,3 \cdot 1800} = 0,791$$

Cumple la comprobación a resistencia.

4.1.5 Comprobación a deformación

$$\text{Coef may. glob. correas} = \frac{1,35 \cdot 20 + 1,50 \cdot 100}{20 + 100} = 1,475$$

$$f = \frac{5qL^4}{384 \cdot E \cdot I_y \cdot F} = \frac{5 \cdot 3,54 \cdot 500^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 541 \cdot 1,475} = 1,7191 \text{ cm}$$

Siendo:

EI=módulo de elasticidad

I_y : momento de inercia

F: coeficiente de mayoración

L: separación entre cerchas

Máxima deformación permitida

$$\text{Máx def perm} = \frac{\text{Separación entre cerchas}}{200} = \frac{500}{200} = 2,5 \text{ cm}$$

Se cumple la comprobación a deformación, ya que la deformación ocasionada es $f=1,7191$ cm y el límite sería 2,5 cm.

Por tanto, el perfil IPE-140 cumple respecto al estado tensional así como deformaciones.

4.2. Estructura principal

4.2.1. Cercha

La cercha se ha considerado como si se tratara de una estructura isostática en el momento de dimensionado.

4.2.1.1. Numeración de nudos y barras

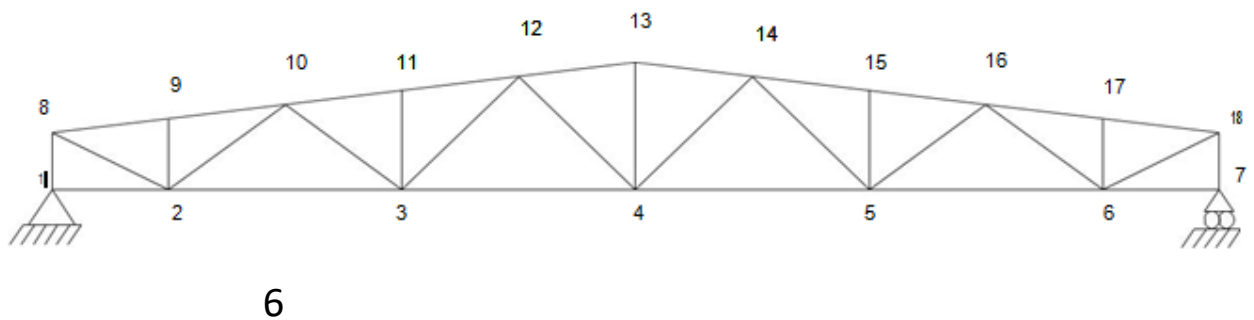


Figura 2: Numeración de los nudos

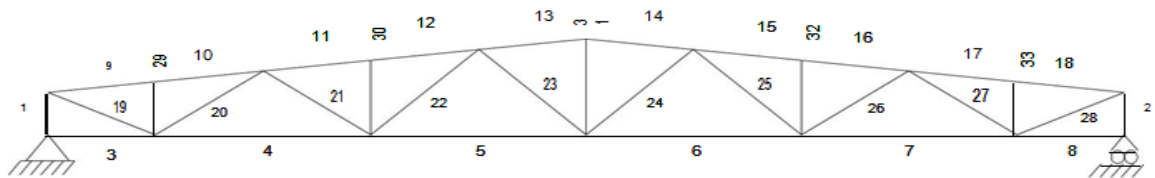


Figura 3: Numeración de las barras

4.2.1.2. Cálculo de las reacciones

La resultante se ha calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{2445 \cdot 10}{2} = 12225 \text{ kg}$$

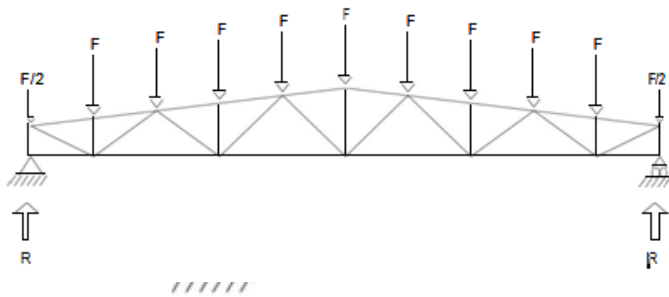
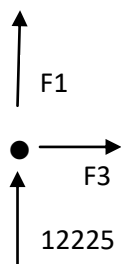


Figura 4: Cargas y reacciones producidas en la cercha

4.2.1.3 Cálculo de los axiles en cada barra

El método a aplicar es el método de los nudos.

NUDO 1

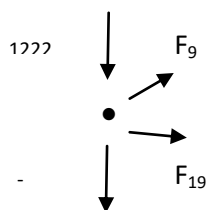


$$\sum F_y = 0 \rightarrow 12225 + F_1 = 0 \rightarrow F_1 = -12225 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_3 = 0 \text{ kg}$$

Figura 5: Reacciones en el nudo 1

NUDO 8

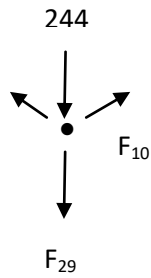


$$\sum F_y = 0 \rightarrow -12225 + 12225 - F_9 \cdot \sin 5,71 + F_{19} \cdot \sin 21,8 = 0 \quad F_9 = -22116,45 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_9 \cdot \cos 5,71 + F_{19} \cdot \cos 21,8 = 0 \quad F_{19} = 23701,73 \text{ kg}$$

Figura 6: Reacciones en el nudo 8

NUDO 9



$$\sum F_y = 0 \rightarrow -22116,45 \cdot \sin 5,71 - F_{10} \cdot \sin 5,71 + 2245 + F_{29} = 0$$

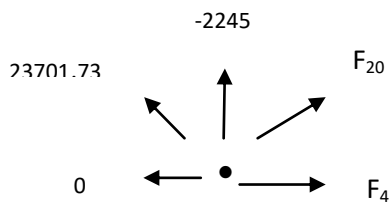
$$F_{10} = -22116,45 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 22116,45 \cdot \cos 5,71 + F_{10} \cdot \cos 5,71 = 0$$

$$F_{29} = -2245 \text{ kg}$$

Figura 7: Reacciones en el nudo 9

NUDO 2



$$\sum F_y = 0 \rightarrow -2245 + 23701,73 \cdot \sin 21,8 + F_{20} \cdot \sin 30,96 = 0$$

$$F_{20} = -12746,03 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_4 + F_{20} \cdot \cos 30,96 - 23701,73 \cdot \cos 21,8 = 0$$

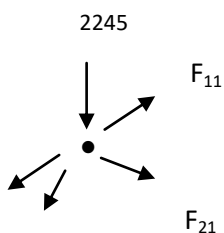
$$F_4 = 32936,78 \text{ kg}$$

Figura 8: Reacciones en el nudo 2

NUDO 10

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2245 - 22116,45 \cdot \sin 5,71 - F_{11} \cdot \sin 5,71 + F_{21} \cdot \sin 30,95 - 12746,03 \cdot \sin 30,95 = 0$$

$$F_{11} = -37723,96 \text{ kg}$$

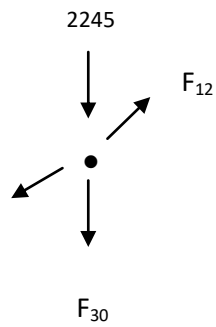


$$\sum F_x = 0 \rightarrow 22116,45 \cdot \cos 5,71 + F_{11} \cdot \cos 5,71 + F_{21} \cdot \cos 30,95 + 12746,03 \cdot \cos 30,95 = 0$$

Figura 9: Reacciones en el nudo

$$F_{21} = 5360,80 \text{ kg}$$

NUDO 11



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2245 + F_{30} - 37723,96 \cdot \sin 5,71 - F_{12} \cdot \sin 5,71 = 0$$

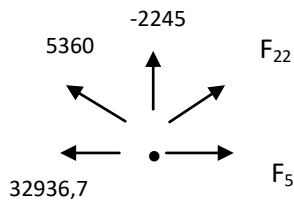
$$\sum F_x = 0 \rightarrow 37723,96 \cdot \cos 5,71 + F_{12} \cdot \cos 5,71 = 0$$

$$F_{12} = -37725,41 \text{ kg}$$

$$F_{30} = -2245,39 \text{ kg}$$

Figura 10: Reacciones en el nudo 11

NUDO 3



$$\sum F_y = 0 \rightarrow -2245 + 5360,8 \cdot \sin 30,96 + F_{22} \cdot \sin 38,66 = 0$$

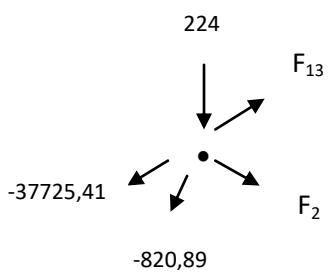
$$\sum F_x = 0 \rightarrow -32936,78 + F_5 - 5360,8 \cdot \cos 30,96 + F_{22} \cdot \cos 38,66 = 0$$

$$F_{22} = -820,89 \text{ kg}$$

$$F_5 = 38174,81 \text{ kg}$$

Figura 11: Reacciones en el nudo 3

NUDO 12



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2245 - 37725,41 \cdot \sin 5,71 - F_{13} \cdot \sin 5,71 - 820,89 \cdot \sin 38,66 + F_{23} \cdot \sin 38,66 = 0$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 37725,41 \cdot \cos 5,71 + F_{13} \cdot \cos 5,71 + F_{23} \cdot \cos 38,66 + 820,89 \cdot \cos 38,66 = 0$$

$$F_{13} = -36353,24 \text{ kg}$$

$$F_{23} = -2574,04 \text{ kg}$$

Figura 12: Reacciones en el nudo 12

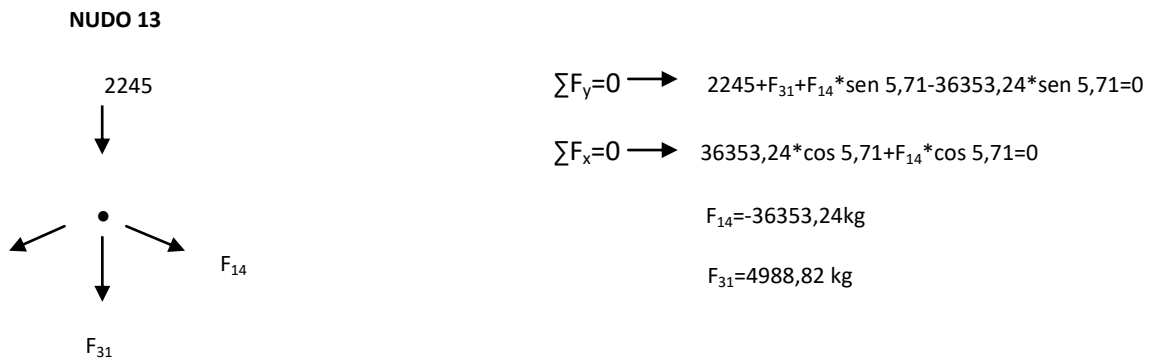


Figura 13: Reacciones en el nudo 13

Nº de barra	Tipo de barra	Axil calculado	Tipo de esfuerzo
1	Montante exterior	-12225	Compresión
2	Montante exterior	-12225	Compresión
3	Cordón inferior	0	-
4	Cordón inferior	32936,78	Tracción
5	Cordón inferior	38174,81	Tracción
6	Cordón inferior	38174,81	Tracción
7	Cordón inferior	32936,78	Tracción
8	Cordón inferior	0	-
9	Cordón superior	-22116,45	Compresión
10	Cordón superior	-22116,45	Compresión
11	Cordón superior	-37723,96	Compresión
12	Cordón superior	-37725,41	Compresión
13	Cordón superior	-36353,24	Compresión
14	Cordón superior	-36353,24	Compresión
15	Cordón superior	-37723,96	Compresión
16	Cordón superior	-37723,96	Compresión
17	Cordón superior	-22116,45	Compresión
18	Cordón superior	-22116,45	Compresión

19	Diagonal	23701,73	Tracción
20	Diagonal	-12746,03	Compresión
21	Diagonal	5360,80	Tracción
22	Diagonal	-820,89	Compresión
23	Diagonal	-2574,04	Compresión
24	Diagonal	-2574,04	Compresión
25	Diagonal	0	-
26	Diagonal	5360,80	Tracción
27	Diagonal	-12746,03	Compresión
28	Diagonal	23701,73	Tracción
29	Montante interior	-2245	Compresión
30	Montante interior	-2245	Compresión
31	Montante interior	4988,82	Tracción
32	Montante interior	-2245	Compresión
33	Montante interior	-2245	Compresión

Tabla 3: Tabla resumen de esfuerzos

4.2.1.4 Selección de perfiles

En todas las barras se ha optado por utilizar tubos huecos cuadrados debido a su comportamiento homogéneo en la totalidad de los planos.

En la siguiente tabla se muestran los perfiles seleccionados en cada barra.

Nº de barra	Tipo de barra	Axil (kg)	Tipo de esfuerzo	Perfil (mm)
1	Montante exterior	-12225	Compresión	120x5
2	Montante exterior	-12225	Compresión	120x5
3	Cordón inferior	0	-	120x5
4	Cordón inferior	32936,78	Tracción	120x5
5	Cordón inferior	38174,81	Tracción	120x5
6	Cordón inferior	38174,81	Tracción	120x5
7	Cordón inferior	32936,78	Tracción	120x5
8	Cordón inferior	0	-	120x5
9	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5
10	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5
11	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5
12	Cordón superior	-37725,41	Compresión	120x5
13	Cordón superior	-36353,24	Compresión	120x5
14	Cordón superior	-36353,24	Compresión	120x5
15	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5
16	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5
17	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5
18	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5
19	Diagonal	23701,73	Tracción	80x5
20	Diagonal	-12746,03	Compresión	80x5
21	Diagonal	5360,80	Tracción	80x5
22	Diagonal	-820,89	Compresión	80x5
23	Diagonal	-2574,04	Compresión	80x5
24	Diagonal	-2574,04	Compresión	80x5
25	Diagonal	0	-	80x5 13

26	Diagonal	5360,80	Tracción	80x5
27	Diagonal	-12746,03	Compresión	80x5
28	Diagonal	23701,73	Tracción	80x5
29	Montante interior	-2245	Compresión	40x3
30	Montante interior	-2245	Compresión	40x3
31	Montante interior	4988,82	Tracción	40x3
32	Montante interior	-2245	Compresión	40x3
33	Montante interior	-2245	Compresión	40x3

Tabla 4: Selección de perfiles

4.2.1.5 Comprobación a resistencia y pandeo

En las barras sometidas a tracción se calcula únicamente la comprobación a resistencia.

$$\sigma = \frac{N}{A} < 1800 \text{ kg/cm}^2$$

Nº de barra	Tipo de barra	Axil (kg)	Tipo de esfuerzo	Perfil (mm)	Área (cm ²)	σ (kg/cm ²)
4	Cordón inferior	32936,78	Tracción	120x5	22,77	1446,50
5	Cordón inferior	38174,81	Tracción	120x5	22,77	1676,54
6	Cordón inferior	38174,81	Tracción	120x5	22,77	1676,54
7	Cordón inferior	32936,78	Tracción	120x5	22,77	1446,50
19	Diagonal	23701,73	Tracción	80x5	14,1	1680,97
21	Diagonal	5360,80	Tracción	80x5	14,1	380,20
26	Diagonal	5360,80	Tracción	80x5	14,1	380,20
28	Diagonal	23701,73	Tracción	80x5	14,1	1680,97
31	Montante interior	4988,82	Tracción	40x3	4,13	1207,95 14

Tabla 5: Comprobación a resistencia en barras sometidas a tracción

Los perfiles seleccionados en las barras sometidas a tracción cumplen el criterio de resistencia.

En las barras sometidas a compresión se realizan dos comprobaciones: a resistencia y a pandeo.

Comprobación a resistencia: $\sigma = \frac{N}{A} < 1800 \text{ kg/cm}^2$

Comprobación a pandeo: $\sigma = \frac{N}{A} < \sigma_{\text{crítica}}$

$$\sigma_{\text{crítica}} = \pi^2 \cdot \frac{E}{\lambda^2}$$

E: módulo de elasticidad

λ (esbeltez mecánica) = $\frac{\beta \times L}{i}$ valor límite permitido: 174

Siendo β : beta de pandeo

L: longitud de la barra

i: radio de giro

Nº de barra	Tipo de barra	Axil (kg)	Tipo de esfuerzo	Perfil (mm)	Área (cm ²)	σ (kg/cm ²)
1	Montante exterior	-12225	Compresión	120x5	22,77	536,89
2	Montante exterior	-12225	Compresión	120x5	22,77	536,89
9	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5	22,77	971,30
10	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5	22,77	971,30
11	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5	22,77	1656,74
12	Cordón superior	-37725,41	Compresión	120x5	22,77	1656,80
13	Cordón superior	-36353,24	Compresión	120x5	22,77	1596,54
14	Cordón superior	-36353,24	Compresión	120x5	22,77	1596,54
15	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5	22,77	1656,74
16	Cordón superior	-37723,96	Compresión	120x5	22,77	1656,74
17	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5	22,77	971,30
18	Cordón superior	-22116,45	Compresión	120x5	22,77	971,30
20	Diagonal	-12746,03	Compresión	80x5	14,1	903,97
23	Diagonal	-2574,04	Compresión	80x5	14,1	182,56
24	Diagonal	-2574,04	Compresión	80x5	14,1	182,56
27	Diagonal	-12746,03	Compresión	80x5	14,1	903,97
29	Montante interior	-2245	Compresión	40x3	4,13	543,58
30	Montante interior	-2245	Compresión	40x3	4,13	543,58
32	Montante interior	-2245	Compresión	40x3	4,13	543,58 16

33	Montante interior	-2245	Compresión	40x3	4,13	543,58
----	-------------------	-------	------------	------	------	--------

Tabla 6: Comprobación a resistencia de barras sometidas a compresión

Nº de barra	Axil (kg)	Perfil (mm)	Longitud (cm)	Área (cm ²)	λ	Radio de giro (cm)	σ (kg/cm ²)	σ_{crit} (kg/cm ²)
1	-12225	120x5	80	22,77	16,95	4,72	536,89	72147,80
2	-12225	120x5	80	22,77	16,95	4,72	536,89	72147,80
9	-22116,45	120x5	201	22,77	42,58	4,72	971,30	11429,07
10	-22116,45	120x5	201	22,77	42,58	4,72	971,30	11429,07
11	-37723,96	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1656,74	11429,07
12	-37725,41	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1656,80	11429,07
13	-36353,24	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1596,54	11429,07
14	-36353,24	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1596,54	11429,07
15	-37723,96	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1656,74	11429,07
16	-37723,96	120x5	201	22,77	42,58	4,72	1656,74	11429,07
17	-22116,45	120x5	201	22,77	42,58	4,72	971,30	11429,07
18	-22116,45	120x5	201	22,77	42,58	4,72	971,30	11429,07
20	-12746,03	80x5	233,2	14,1	77,48	3,01	903,97	3452,99
23	-2574,04	80x5	256,1	14,1	85,08	3,01	182,56	2863,08
24	-2574,04	80x5	256,1	14,1	85,08	3,01	182,56	2863,08
27	-12746,03	80x5	233,2	14,1	77,48	3,01	903,97	3452,99
29	-2245	40x3	100	4,13	67,57	1,48	543,58	4539,86
30	-2245	40x3	140	4,13	94,59	1,48	543,58	2316,26
32	-2245	40x3	140	4,13	94,59	1,48	543,58	2316,26
33	-2245	40x3	100	4,13	67,57	1,48	543,58	4539,86

Tabla 7: Comprobación a pandeo en barras sometidas a compresión

Después de realizar las comprobaciones a resistencia y pandeo en las barras sometidas a compresión, podemos afirmar que los perfiles seleccionados son aptos.

4.2.2 Pilares

4.2.2.1 Cargas a soportar

Las cargas que deben soportar los pilares son la compresión transmitida por la cercha y la flexión ocasionada por el viento.

La compresión transmitida por la cercha es R calculada previamente y que adoptaba un valor de 12225 kg.

Para el cálculo de la flexión ocasionada por el viento se emplea la siguiente fórmula:

$$q_v = q \cdot c_e \cdot L \cdot \gamma = 50 \cdot 1,9 \cdot 5 \cdot 1,5 = 712,5 \text{ kg/m}$$

Siendo:

$$q = 50 \text{ kg/m}^2$$

c_e : coeficiente de exposición al viento

L: separación entre cerchas

γ : coeficiente mayorante de cargas

Grado de aspereza del entorno	
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas.
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios de pequeña altura.

h (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1.7	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0
II	1.5	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0
III	1.4	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6
IV	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1
V	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5

h (m)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.5
II	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5
III	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1
IV	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6
V	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0

Tabla 8: Coeficiente de exposición al viento

El coeficiente de exposición elegido es 1,9 al ubicarse la nave en zona III (zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas) y ser la altura del pilar 5m.

4.2.2.2 Cálculo de esfuerzos y deformaciones

$M_{y,ed} = 0,325 \cdot q_v \cdot h^2 = 0,325 \cdot 712,5 \cdot 5^2 = 5789,06 \text{ kg} \cdot \text{m} \longrightarrow$ Flexión ocasionada por el viento

4.2.2.3 Selección del perfil

Los perfiles seleccionados son del tipo HEB para los pilares, concretamente HEB-220 cuyas características son:

$$A = 91 \text{ cm}^2$$

$$W_{el} = 736 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 9,43 \text{ cm}$$

$$i_z = 5,59 \text{ cm}$$

$$I_y = 8091 \text{ cm}^4$$

4.2.2.4 Comprobación a resistencia y pandeo

1) Comprobación a resistencia $\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1 \longrightarrow \frac{12225}{91 \cdot 1800} + \frac{578906}{736 \cdot 1800} = 0,51 \leq 1$

PERFIL VÁLIDO

Siendo $N_{ed} = R$

A: área del perfil seleccionado

W_{el} : momento resistente elástico

$$f_{yd}: 1800 \text{ kg/cm}^2$$

2) Comprobación a pandeo $\frac{N_{ed}}{0,2 \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{1}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1 \longrightarrow \frac{12225}{0,2 \cdot 91 \cdot 1800} + \frac{1}{1 - \frac{12225}{107333,54}} \cdot \frac{578906}{736 \cdot 1800} = 0,84$

$0,84 \leq 1$ **PERFIL VÁLIDO**

Siendo $N_{ed} = R$

A: área del perfil seleccionado

$$f_{yd}: 1800 \text{ kg/cm}^2 \quad N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E}{\lambda^2} \cdot A = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^6}{132,56^2} \cdot 91 = 107333,54 \text{ kg}$$

Siendo λ la esbeltez que en el plano del pórtico se calcula con la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{2,5 \cdot 500}{9,43} = 132,56$$

β : β de pandeo

L: longitud de pandeo

i: radio de giro

El perfil seleccionado HEB-220 cumple tanto la comprobación a resistencia como la comprobación a pandeo.

4.2.2.5 Comprobación deslome del pilar

$$\Delta_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{500}{150} = 3,33 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{3}{40} \cdot \frac{7,125 \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 8091 \cdot 1,5} = 1,31 \text{ cm} \leq 3,33 \text{ cm}$$

El pilar por tanto, cumple la comprobación a deslome (en su estado tensional y respecto a las deformaciones).

5. Cálculo de la cimentación

5.1 Determinación de los esfuerzos

Esfuerzos desmayorados

$$M = \frac{M_{y,Ed}}{\gamma} = \frac{5789,06}{1,5} = 3859,37 \text{ kg} \cdot \text{m} \longrightarrow \text{Momento en la base del pilar}$$

$$V = \frac{q_{v,H}}{\gamma} = \frac{712,5 \cdot 5}{1,5} = 2375 \text{ kg} \longrightarrow \text{Cortante}$$

V se debe a la reacción en la base del pilar por efecto del viento, considerando como único empuje el del viento.

$$F = \frac{1,35 \cdot 60 + 1,5 \cdot 60}{60 + 60} = 1,425 \longrightarrow \text{Coeficiente de desmayoración global}$$

$$N = \frac{N_{ed}}{F} = \frac{12225}{1,425} = 8578,95 \text{ kg}$$

5.2 Características del suelo

Datos de interés del suelo		
ρ_s	1800	kg/m ³
σ_{adm}	1,75	kg/cm ²
ϕ'	30	°
γ_{vuelco}	2	
$\gamma_{deslizamiento}$	1,5	
H	2	m

Tabla 9: Datos de interés del suelo

5.3 Dimensionado de la zapata

Dimensiones		
a	2	m
b	1	m
h	0,5	m
H	0,8	m
a_0	0,4	m
b_0	0,4	m

Tabla 10: Dimensiones de la zapata

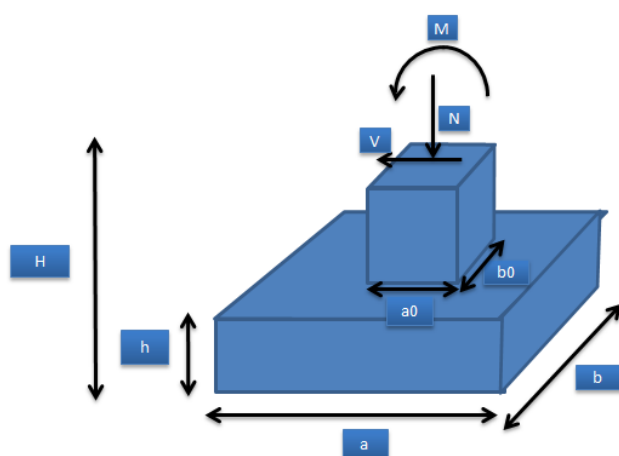


Figura 14: Dimensiones de la zapata

ANEJO 3

INSTALACIÓN

FRIGORÍFICA

Índice del anejo

1. Introducción.....	1
2. Dimensionado de la cámara.....	1
3. Determinación de las condiciones exteriores de la cámara.....	1
4. Estructura de la cámara.....	1
5. Cálculo de cargas térmicas.....	2
5.1 Cálculo de Q_1 : Transferencia de calor por los cerramientos.....	2
5.2 Cálculo de Q_2 : Carga por enfriamiento del producto y embalajes.....	3
5.3 Cálculo de Q_3 : Carga por actividad química del producto.....	4
5.4 Cálculo de Q_4 : Carga por infiltraciones.....	4
5.5 Cálculo de Q_5 : Carga de bombas y ventiladores de los evaporadores.....	5
5.6 Cálculo de Q_6 : Calor desprendido por las luminarias.....	5
5.7 Cálculo de Q_7 : Calor desprendido por las personas.....	5
5.8 Cálculo de Q_8 : Carga de motores.....	5
6. Potencia frigorífica.....	5
7. Elección del fluido refrigerante y tipo de ciclo.....	6
7.1 Fluido refrigerante utilizado.....	6
7.2 Tipo de ciclo.....	6
8. Diseño de componentes.....	6

Índice de tablas

Tabla 1: Transferencia de calor a través de los cerramientos.....	3
Tabla 2: Características del aire interior.....	4
Tabla 3: Características del aire exterior.....	4
Tabla 4: Tabla de parámetros del circuito.....	7

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama P-H del R-717.....	7
---------------------------------------	---

1. Introducción

La cámara frigorífica es el lugar destinado al almacenamiento y conservación de productos.

En ella, se controlan factores como la temperatura y la humedad relativa que se definen en función de las necesidades del producto.

El diseño y dimensionado de la cámara debe cumplir una serie de normas, entre las cuales resulta importante el seguimiento del *Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas RD 138/2011*.

2. Dimensionado de la cámara

Se dispone de una cámara frigorífica de embutidos de dimensiones 2x2x1,5m determinadas a partir de la densidad de estiba: 75 kg/m³ y la carga máxima almacenada, suponiendo una entrada diaria de 80 kg de materias primas y un tiempo de almacenamiento de 5 días.

3. Determinación de las condiciones exteriores de la cámara

Como temperatura exterior se ha escogido 32,4°C como figura en la Norma UNE-100001-2009 de condiciones climáticas para proyectos. Como humedad relativa se ha elegido un valor de 20% considerando la situación geográfica de la nave.

4. Estructura de la cámara

La cámara frigorífica es de temperatura positiva, al situarse la temperatura de trabajo por encima de 0°C e interior al localizarse dentro de la nave, de manera que no es necesario el uso de protecciones frente a agentes meteorológicos.

La elección del aislante resulta determinante para minimizar la transferencia de calor del exterior al interior y así poder mantener constante la temperatura de trabajo de la cámara.

Su objetivo es disminuir las pérdidas energéticas a través de techo, paredes y puertas.

El aislante empleado en la cámara frigorífica es paneles tipo sándwich autoportante de doble capa metálica tal y como indica el *Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre*.

En el suelo también se ha recurrido al uso de paneles tipo sándwich con características iguales a las del resto de la cámara.

Se han empleado puertas de apertura rápida fabricadas con lona de PVC de espesor 80 cm.

Con el objetivo de que la diferencia de presiones entre el exterior y el interior de la cámara no supere los 300 Pa, se han instalado válvulas equilibradoras de presión bidireccionales que incluyen mallas y filtros.

Adicionalmente, se ha incorporado una barrera antivapor en cada cara del aislante para evitar la entrada de humedad a través de los cerramientos y asegurar el correcto funcionamiento del aislante.

5. Cálculo de cargas térmicas

Se procede al cálculo de la energía térmica por unidad de tiempo que es necesaria extraer para que la temperatura en la cámara sea la deseada.

5.1 Cálculo de Q_1 .Transferencia de calor por los cerramientos.

La fórmula siguiente permite calcular la carga térmica Q_1 considerando que la transmisión de calor que atraviesa los cerramientos del exterior al interior es mediante conducción y convección.

$$Q_1 = \frac{\Delta T \cdot A}{\sum \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}}$$

Siendo:

ΔT : diferencia entre la temperatura exterior e interior de la cámara, siendo

$$T_{\text{ext}} = 32,4 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ y } T_{\text{int}} = 1^\circ\text{C}$$

A: área de las paredes y techo de la cámara (m^2)

e: espesor de los cerramientos (m)

k: conductividad térmica del material aislante (W/mK)

h_e : coeficiente de convección exterior ($\text{W/m}^2\text{K}$)

h_i : coeficiente de convección interior ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Suponiendo convección natural h_e adopta un valor de $24 \text{ W/m}^2\text{K}$ y h_i $8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Espesor (m)	k (W/mK)	e/k
Acero	0,25	0,92	0,0022
Espuma de poliuretano	10	0,026	3,8462
Acero	0,25	0,92	0,0022
Total			3,85

Tabla 1: Transferencia de calor a través de los cerramientos

$$Q_1 = 1145,97 \text{ W} \longrightarrow Q_1 = 99011,81 \text{ kJ/día}$$

5.2 Cálculo de Q_2 . Carga por enfriamiento del producto y embalajes

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q_2 = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Siendo:

m: masa que entra en la cámara diariamente=80 kg

C_p : calor específico del producto=3,344kJ/kgK

ΔT : incremento de temperatura experimentado por el producto siendo T entrada a la cámara= 25° C y T de la cámara=1°C

Carga por enfriamiento del producto (Q_{21})

$$Q_{21} = 6420,48 \text{ kJ/día}$$

Carga por enfriamiento de los embalajes (Q_{22})

El embutido entra en la cámara en cajas. Siendo la entrada de 80 kg/día de producto y considerando la masa de la caja como un 10% de la masa de producto que entra a la cámara y C_p caja=1,7 kJ/kg°C

$$Q_{22} = 326,4 \text{ kJ/día}$$

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} = 6420,48 + 326,4 = 6746,88 \text{ kJ/día}$$

5.3 Cálculo de Q_3 .Carga por actividad química del producto

No se calcula Q_3 en el embutido al no haber actividad química.

5.4 Cálculo de Q_4 .Carga por infiltraciones

En las cámaras de refrigeración se produce un movimiento natural de corrientes de aire entre el exterior y el interior.

Para el cálculo de Q_4 se ha empleado la siguiente fórmula:

$$I \text{ (m}^3\text{/día)} = K_T \cdot \sqrt{V}$$

Siendo:

K_T : constante que en cámaras positivas adopta un valor de 70.

V : volumen de la cámara (m³)

$$I \text{ (m}^3\text{/día)} = 70 \cdot \sqrt{6} = 171,46$$

Aire interior	Temperatura (°C)	1
	Humedad	0,8
	h_i (kJ/kg gas)	8

Tabla 2: Características del aire interior

Aire exterior	Temperatura (°C)	32,4
	Humedad	0,5
	h_e	70,5
	v_e	0,885

Tabla 3: Características del aire exterior

$$Q_4 = \frac{I}{v_e} \cdot (h_e - h_i) = 12108,76 \text{ kJ/día}$$

5.5 Cálculo de Q_5 . Carga de las bombas y ventiladores de los evaporadores

Se estima en el 10% de $Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$

$$Q_5=0,1 \cdot (Q_1+Q_2+Q_3+Q_4)=11786,75 \text{ kJ/día}$$

5.6 Cálculo de Q_6 . Calor desprendido por las luminarias

Se han instalado 4 lámparas con una potencia unitaria de 80 W. La potencia total asciende a 320 W. El tiempo de funcionamiento es de 0,5 h al día.

$$Q_6 = \text{Potencia unitaria} \cdot \text{Número de lámparas} \cdot \text{horas de funcionamiento} = 80 \cdot 4 \cdot 0,5 = 160 \text{ W/h} \longrightarrow 576 \text{ kJ/día}$$

5.7 Cálculo de Q_7 . Calor desprendido por las personas

Se considera que únicamente una persona va a acceder a la cámara frigorífica, siendo el calor cedido de 628 kJ/h. El tiempo de permanencia en la cámara es de 0,5 h al día.

$$Q_7 = 628 \cdot 1 \cdot 0,5 = 314 \text{ kJ/h} \longrightarrow Q_7 = 7536 \text{ kJ/día}$$

5.8 Cálculo de Q_8 . Carga de motores

Se utiliza una carretilla elevadora para entrar las cajas de embutido a la cámara. La potencia unitaria es de 10 kW y las horas de funcionamiento diarias 0,5h.

$$Q_8 = 10000 \cdot 1 \cdot 0,5 = 5000 \text{ W/h} \longrightarrow Q_8 = 18000 \text{ kJ/día}$$

6. Potencia frigorífica

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 = 143979,45 \text{ kJ/día}$$

La carga térmica total se mayorada un 10% para garantizar que el equipo funciona correctamente.

$$Q_{\text{total mayorada}} = 158377,40 \text{ kJ/día}$$

Es importante considerar que la cámara frigorífica no está funcionando las 24 h del día, ya que en el momento de desescarche se detiene, suponemos entonces 16 horas de funcionamiento diario.

Cálculo de la potencia frigorífica, Q_0

$$Q_0 = \frac{Q_{total}}{h_{funcionamiento}} = \frac{158377,40}{16} = 9898,59 \text{ kJ/h}$$

7. Elección del fluido refrigerante y tipo de ciclo

7.1 Fluido refrigerante utilizado

El fluido refrigerante seleccionado es el R-717, amoníaco, que se usa con frecuencia en cámaras de refrigeración. Es un fluido de alta eficiencia energética, buenas propiedades termodinámicas y ambientales y un punto de ebullición bajo.

Presenta algunas desventajas como su alta toxicidad e inflamabilidad, por tanto la seguridad de la instalación será un punto importante a tener en cuenta.

7.2 Tipo de ciclo

La temperatura de evaporación es la que determina la elección del tipo de ciclo, en este caso al no ser demasiado baja, el tipo de ciclo elegido es de compresión simple.

8. Diseño de componentes

Los parámetros de funcionamiento de la instalación elegidos han sido:

-T condensador= 44,4°C

- T evaporación= 2°C

-Salto térmico en el condensador=12°C

-Salto térmico en el evaporador= 4°C

-Temperatura de sobrecalentamiento=2°C

-Temperatura de subenfriamiento=5°C

El salto térmico en el condensador influye en la eficacia del circuito, ya que a mayor salto térmico menor eficacia y menor superficie del condensador es requerida.

Los valores de salto térmico en el evaporador suelen ser entre 5 y 8°C en el caso de evaporadores de aire. El salto térmico elegido está relacionado con la humedad relativa que quiere conseguirse en la cámara.

6

Un leve subenfriamiento a la salida del evaporador sirve para mejorar la eficiencia, mientras que un ligero sobrecalentamiento a la entrada del compresor garantiza que al compresor solo entra gas.

Una vez definidos los parámetros de funcionamiento, con ayuda de *Coolpack* se obtienen los valores de T, P, h y volumen específico del fluido refrigerante en cada punto del circuito.

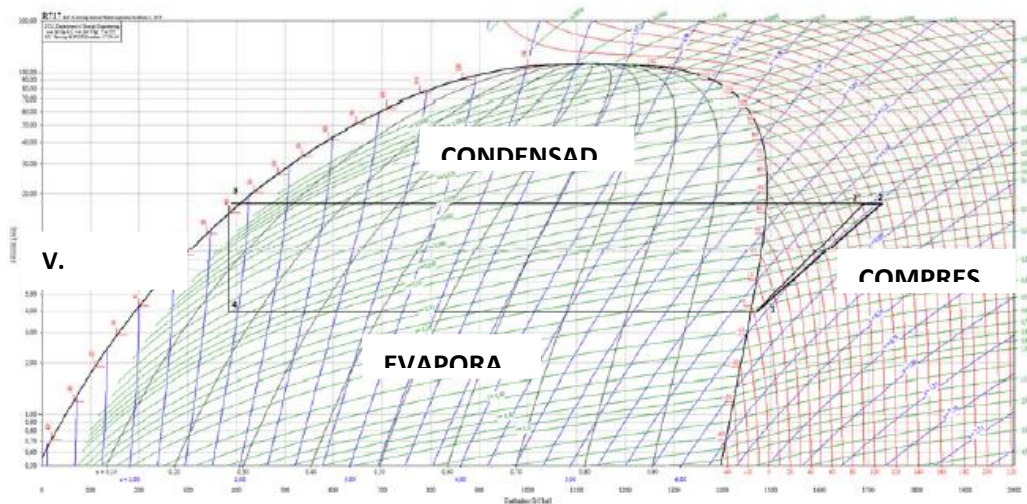


Figura 1: Diagrama P-h del R-717

Punto	P (bar)	T (°C)	h (kJ/kg)	V _e (m ³ /kg)
-------	---------	--------	-----------	-------------------------------------

1	3,83	2	1468	0,3164
2	17,53	111,735	1690,38	
2'	17,53	126,899	1732,86	
3	17,53	39,4	383,553	
4	3,83	-2	383,553	

Tabla 4: Tabla de parámetros del circuito

$P_a = P$ de alta = 17,53 bar

$P_b = P$ de baja = 3,83 bar

Relación de compresión, $R = \frac{P_a}{P_b} = \frac{17,53}{3,83} = 4,58$

Cálculos en el compresor

El caudal de fluido refrigerante se calcula con la siguiente fórmula:

$$m = \frac{Q_0}{h_1 - h_4} = \frac{9898,59}{1468 - 383,553} = 9,13 \text{ kg/h}$$

La potencia teórica del compresor se calcula con la siguiente fórmula:

$$N_t = m (h_2' - h_1) = 9,13 \cdot (1732,86 - 1468) = 2418,17 \text{ kJ/h}$$

El rendimiento indicado en el compresor η_{ic} se halla:

$$\eta_{ic} = 1 - 0,035 \cdot \frac{P_a}{P_b} = 1 - 0,035 \cdot \frac{17,53}{3,83} = 0,84$$

Potencia indicada en el compresor N_i :

$$N_i = \frac{N_t}{\eta_{ic}} = \frac{2418,17}{0,84} = 2878,77 \text{ kJ/h}$$

Asumiendo $\eta_{mec} = 0,9$

$$N_{real} = \frac{N_i}{\eta_{mec}} = \frac{2878,77}{0,9} = 3198,63 \text{ kJ/h}$$

Considerando un rendimiento de compresión, η_{comp} de 0,98 y un rendimiento eléctrico, $\eta_{eléctrico} = 0,92$ se puede hallar la potencia eléctrica del compresor: **8**

$$N_{\text{el\u00e9trica}} = \frac{N_{\text{real}}}{\eta_{\text{comp}} \cdot \eta_{\text{el\u00e9ctrico}}} = \frac{3198,63}{0,98 \cdot 0,92} = 3547,73 \text{ kJ/h}$$

Se ha decidido instalar un compresor de pistones al tratarse de una instalaci\u00f3n peque\u00f1a, resulta m\u00e1s barato.

C\u00e1lculos en el condensador

Para calcular el intercambio del condensador se utiliza la siguiente f\u00f3rmula:

$$Q_1 = m \cdot (h_2 - h_3) = 9,13 \cdot (1690,38 - 383,553) = 11931,33 \text{ kJ/h}$$

ANEJO 4:

INSTALACIÓN

HIDRÁULICA

Índice del anejo

1. Introducción.....	1
2. Descripción de la red.....	1
2.1 Demanda de caudales.....	1
2.2 Presiones requeridas.....	2
2.3 Datos de partida.....	2
3. Dimensionado de la red.....	3
3.1 Material de las tuberías.....	3
3.2 Diámetro de las tuberías.....	3
3.3 Pérdidas de carga producidas.....	4
3.4 Presión resultante.....	6

Índice de tablas

Tabla 1: Caudal instantáneo mínimo en cada aparato.....	1
Tabla 2: Datos de partida.....	2
Tabla 3: Diámetros comerciales PEX.....	3
Tabla 4: Diámetros comerciales	4
Tabla 5: Pérdidas de carga	5
Tabla 6: Presiones resultantes en cada punto	7

Índice de figuras

Figura 1: Esquema de la red de tuberías.....	2
--	---

1. Introducción

Se han escogidos los diámetros y los materiales de las tuberías y se han determinado los caudales circulantes por línea. Además se ha comprobado que las presiones obtenidas en cada punto son superiores a las requeridas y por tanto el abastecimiento es adecuado.

2. Descripción de la red

2.1 Demanda de caudales

Se ha analizado la instalación y se han determinado los puntos de demanda, fijando el caudal para su adecuado funcionamiento.

El punto más desfavorable es aquel que tiene unas mayores necesidades de agua, en este caso los vestuarios.

En cada vestuario se ha instalado 1 lavabo, 3 duchas y 2 inodoros.

La distribución de grifos se ha realizado de la siguiente manera: uno en las oficinas, otro en la zona de descanso y un tercero en la zona de elaboración.

Cumpliendo con DB-HS-4 se han fijado los caudales requeridos por cada aparato.

Tipo de aparato	Q instantáneo mínimo de agua fría (l/s)	Q instantáneo mínimo de agua caliente (l/s)
Ducha	0,2	0,1
Lavabo	0,1	0,065
Fregadero no doméstico	0,3	0,2
Grifo aislado	0,15	0,1
Inodoro con cisterna	0,1	

Tabla 1: Caudal instantáneo mínimo en cada aparato

En la zona de vestuarios se requiere un Q mínimo instantáneo de agua fría de 0,9l/s. Se han dimensionado las tuberías de agua caliente para que circule un caudal igual al de agua fría.

No se considera ningún coeficiente de simultaneidad al tratarse de una instalación de pequeñas dimensiones.

2.2 Presiones requeridas

2.3 Datos de partida

Línea	Nudo +	Nudo-	Etiqueta nudo -	Longitud (m)	Demanda (l/s)	Q línea (l/s)	P requerida (mca)
1	1	2		50		5,35	
2	2	3		3,8		4,75	
3	3	4	Agua fría v. masc.	10,7	1,3	1,3	10,2
4	3	5		4		3,45	
5	7	4	Agua cal. v. masc.	14,7	1	1	10,2
6	7	6	Agua cal. v. fem.	10,7	1	1	10,2
7	5	6	Agua fría v. fem.	10,7	1,3	1,3	10,2
8	9	7		3,5		2	
9	5	8		3,5		2,15	
10	8	9	Calentador	1	2	2	15,3
11	8	10	Grifo envasado	42,5	0,15	0,15	10,2
12	2	11		15,75		0,6	
13	11	12	Grifo zona descanso	1	0,15	0,15	10,2
14	11	13		8,75		0,45	
15	13	14	Grifo oficinas	5,5	0,15	0,15	10,2
16	13	15	Fregadero	13	0,3	0,3	10,2

Tabla 2: Datos de partida

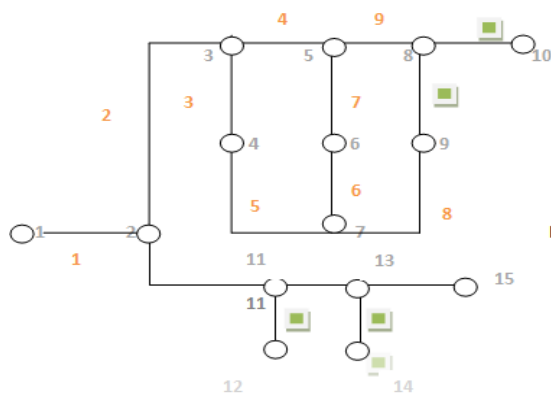


Figura 1: Esquema de la red de tuberías

3. Dimensionado de la red

3.1 Material de las tuberías

Se han consultado las características de cada uno de los materiales que hay en el mercado y se ha decidido que las tuberías sean de PEX (Polietileno Reticulado). Con este material se pueden lograr tuberías duraderas y flexibles. Es resistente a un amplio intervalo de temperaturas, lo que resulta útil para conducir agua tanto fría como caliente.

3.2 Diámetro de las tuberías

El diámetro se ha determinado con la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt[4]{\frac{4Q}{\pi \cdot v}}$$

Siendo:

D: diámetro de la tubería (m)

Q: caudal que circula por la tubería (m³/s)

v: velocidad (m/s)

Suponiendo una velocidad de 1,5 m/s se pueden obtener los diámetros interiores teóricos.

Con ayuda de catálogos comerciales, se obtienen los diámetros nominales.

PN (bar)	6	
DN	e (mm)	D _i (mm)
12	1,3	9,4
16	1,5	13
20	1,9	16,2
25	2,3	20,4
32	2,9	26,2
40	3,7	32,6
50	4,6	40,8
63	5,8	51,4
75	6,8	61,4
90	8,2	73,6
110	10	90
125	11,4	102,2
140	12,7	114,6
160	14,6	130,8

Tabla 3: Diámetros nominales PEX

Línea	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Caudal de línea (m ³ /s)	D teórico (m)	DN	D interior (m)	Velocidad (m/s)
1	50		0,00535	0,0674	90	0,0736	1,258
2	3,8		0,00475	0,0635	90	0,0736	1,116
3	10,7	1,3	0,0013	0,0332	50	0,0408	0,994
4	4		0,00345	0,0541	75	0,0614	1,165
5	14,7	1	0,001	0,0291	40	0,0326	1,198
6	10,7	1	0,001	0,0291	40	0,0326	1,198
7	10,7	1,3	0,0013	0,0332	50	0,0408	0,994
8	3,5		0,002	0,0412	63	0,0514	0,964
9	3,5		0,00215	0,0427	63	0,0514	1,036
10	1	2	0,002	0,0412	63	0,0514	0,964
11	42,5	0,15	0,00015	0,0113	25	0,0204	0,459
12	15,75		0,0006	0,0226	32	0,0262	1,113
13	1	0,15	0,00015	0,0113	25	0,0204	0,459
14	8,75		0,00045	0,0195	25	0,0204	1,377
15	5,5	0,15	0,00015	0,0113	25	0,0204	0,459
16	13	0,3	0,0003	0,016	32	0,0262	0,556

Tabla 4: Diámetros comerciales

3.3. Pérdidas de carga

Se han calculado las pérdidas de carga en cada uno de los tramos para comprobar si realmente la P en los puntos de la instalación es la requerida.

Para su cálculo se ha empleado la ecuación de Veronese-Datei

$$h_r = 0,00092 \cdot K_m \cdot \frac{L \cdot Q^{1,8}}{D^{4,8}}$$

Siendo:

h_r : pérdidas de carga en m

K_m : coeficiente mayorante: 1,3

L: longitud en m

Q: caudal en m³/s

D: diámetro de la tubería en m

Línea	Longitud (m)	Caudal de línea (m ³ /s)	DN	D interior (m)	Pérdidas de carga (m)	H acumuladas
1	50	0,00535	90	0,0736	1,3388	1,3388
2	3,8	0,00475	90	0,0736	0,0821	1,4210
3	10,7	0,0013	50	0,0408	0,3811	1,8021
4	4	0,00345	75	0,0614	0,1161	1,5370
5	14,7	0,001	40	0,0326	0,9585	2,7122
6	10,7	0,001	40	0,0326	0,6977	2,4513
7	10,7	0,0013	50	0,0408	0,3811	1,9181
8	3,5	0,002	63	0,0514	0,0893	1,7536
9	3,5	0,00215	63	0,0514	0,1018	1,6388
10	1	0,002	63	0,0514	0,0255	1,6643
11	42,5	0,00015	25	0,0204	0,8647	2,5035
12	15,75	0,0006	32	0,0262	1,1691	2,5079
13	1	0,00015	25	0,0204	0,0203	2,5282
14	8,75	0,00045	25	0,0204	1,2862	3,7941
15	5,5	0,00015	25	0,0204	0,1119	3,9060
16	13	0,0003	32	0,0262	0,2771	4,0712

Tabla 5: Pérdidas de carga

3.4. Presión resultante

Con la ecuación de Bernoulli se calculan las presiones en cada punto de la instalación:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \Delta H_{1-2}$$

Siendo:

$\frac{P_1}{\gamma}$: presión en la acometida

z_1 : cota en la acometida

$\frac{P_2}{\gamma}$: presión en el punto 2

z_2 : cota en el punto 2

ΔH_{1-2} : pérdida de carga del punto 1 al 2

Para calcular estas presiones es necesario considerar previamente estos datos:

Cota de la nave: 595 m

Cota de la acometida: 595m

Presión en la acometida: 20m

Altura de los aparatos: 2m

Línea	Longitud (m)	Caudal de línea (m ³ /s)	DN	D interior (m)	Pérdidas carga (m)	H acumuladas	Presión requerida (mca)	Presión resultante (mca)
1	50	0,00535	90	0,0736	1,3388	1,3388		16,661
2	3,8	0,00475	90	0,0736	0,0821	1,421		16,579
3	10,7	0,0013	50	0,0408	0,3811	1,8021	10,2	16,198
4	4	0,00345	75	0,0614	0,1161	1,537		16,463
5	14,7	0,001	40	0,0326	0,9585	2,7122	10,2	15,288
6	10,7	0,001	40	0,0326	0,6977	2,4513	10,2	15,549
7	10,7	0,0013	50	0,0408	0,3811	1,9181	10,2	16,082
8	3,5	0,002	63	0,0514	0,0893	1,7536		16,246
9	3,5	0,00215	63	0,0514	0,1018	1,6388		16,361
10	1	0,002	63	0,0514	0,0255	1,6643	15,3	16,336
11	42,5	0,00015	25	0,0204	0,8647	2,5035	10,2	15,497
12	15,75	0,0006	32	0,0262	1,1691	2,5079		15,492
13	1	0,00015	25	0,0204	0,0203	2,5282	10,2	15,472
14	8,75	0,00045	25	0,0204	1,2862	3,7941		14,206
15	5,5	0,00015	25	0,0204	0,1119	3,906	10,2	14,094
16	13	0,0003	32	0,0262	0,2771	4,0712	10,2	13,929

Tabla 6: Presiones resultantes en cada punto