# ÍNDEX MEMÒRIA

Resum.....8

Agraïments.....9

**Capítol 1: Introducció.....11**

1.1. Objecte.....11
1.2. Emplaçament de l'edifici.....12
1.3. Antecedents.....13
1.4. Generalitats.....13
1.4.1.Nom i domicili del titular.....13
1.4.2. Destí de la instal·lació.....13
1.4.3. Autor del projecte.....13
1.5. Justificació.....14
1.6. Abast.....14
1.7. Característiques de l'edifici.....15
1.7.1. Superfícies.....15
1.7.2. Fonaments, murs i clavegueram.....16
1.7.3. Estructura.....16
1.7.4. Coberta.....16
1.7.5. Tancaments exteriors.....16
1.7.6. Paviment.....16
1.8. Descripció de l'activitat.....16
1.9. Reglamentació aplicada.....17

**Capítol 2: Instal·lació Elèctrica.....18**

2.1. Subministrament.....18
2.2. Escomesa.....18
2.3. Instal·lació d'enllaç.....19
2.3.1. Derivació Individual.....19
2.3.2. Caixa de Protecció i Mesura.....20
2.3.3. Dispositius generals i individuals de comandament.....21
2.4. Posada a terra.....22
2.4.1. Resistència de les preses de terra.....23

2.4.2. Càlcul de terres.....23
2.4.3. Justificació de les sensibilitats.....24
2.5. Instal·lació interior.....25
2.5.1. Conductors actius.....25
2.5.2. Conductors de protecció.....26
2.5.3. Subdivisió de les instal·lacions.....27
2.5.4. Càrregues equilibrades.....27
2.5.5. Protecció contra contactes directes i indirectes.....27
2.5.6. Resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica.....27
2.5.7. Connexions.....28
2.5.8. Tubs i canals protectors.....28
2.6. Elements de protecció.....29
2.6.1. Protecció contra sobreintensitats.....29
2.6.2. Protecció contra sobretensions.....31
2.6.3. Protecció contra contactes directes i indirectes.....32
2.7. Secció dels conductors. Caigudes de tensió.....33
2.8. Dimensionament de la instal·lació.....33
2.9. Compensació d'energia reactiva.....34
2.9.1. El factor de potència.....34
2.9.2. Avantatges de la compensació d'energia reactiva.....35
2.9.3. Dimensionament de la bateria de condensadors.....35
2.9.4. Elecció de la bateria de condensadors.....36
2.10. Potència total instal·lada.....36
2.10.1. Maquinària.....37
2.10.2. Il·luminació.....38
2.11. Descripció de la instal·lació.....39
2.11.1. Elements protectors de la instal·lació.....39
2.11.2. Descripció de les línies.....41

**Capítol 3: Il·luminació.....44**

3.1. Equips d'il·luminació.....45
3.2. Característiques de les làmpades.....45

3.2.1. Potència.....45
3.2.2. Flux lluminós.....45
3.2.3. Eficiència lluminosa.....45
3.2.4. Rendiment del color.....46
3.2.5. Cost de la làmpada.....47
3.2.6. Vida útil de la làmpada.....47
3.3. Característiques de les lluminàries.....47
3.3.1. Característiques òptiques.....48
3.3.2. Característiques mecàniques.....48
3.3.3. Característiques elèctriques.....49
3.3.4. Altres característiques.....49
3.4. Classificació de les zones de la nau industrial.....49
3.4.1. Zona del taller mecànic.....50
- Elecció de la lluminària.....50
- Elecció de la làmpada.....51
- Càlcul dels punts de llum.....53

3.4.2. Zona de càrrega i descàrrega.....54
- Elecció de la lluminària.....54
- Elecció de la làmpada.....54
- Càlcul dels punts de llum.....55

3.4.3. Zona d'oficines/vestidors.....56
- Elecció de la lluminària.....57
- Elecció de la làmpada.....58
- Càlcul dels punts de llum.....60

3.4.4. Escala interior.....61
3.4.5. Il·luminació exterior.....62
- Elecció de la lluminària.....62
- Elecció de la làmpada.....64
- Càlcul dels punts de llum.....65

**Capítol 4: Instal·lació contra incendis.....67**
4.1. Caracterització de l'establiment industrial.....67
4.2. Classificació de la nau en activitats.....68
4.3. Nivell de risc intrínsec.....69

4.4. Càlcul de la càrrega de foc.....71
4.5. Requisits constructius de la nau.....72
4.5.1. Façanes accessibles.....73
4.5.2. Condicions d'aproximació a l'edifici.....73
4.6. Sectorització de l'establiment industrial.....73
4.7. Materials constructius.....74
4.8. Estabilitat del foc.....75
4.8.1. Estabilitat dels elements constructius portants.....75
4.8.2. Estabilitat dels elements constructius de tancament.....77
4.9. Evacuació.....78
4.9.1. Càlcul de l'ocupació.....78
4.9.2. Elements d'evacuació.....79
4.10. Instal·lació d'elements de protecció contra incendis.....81
4.10.1. Sistemes automàtics de detecció d'incendis.....81
4.10.2. Sistemes manuals d'alarmes d'incendi.....82
4.10.3. Sistemes de comunicació d'alarmes.....82
4.10.4. Sistema d'hidrants exteriors.....82
4.10.5. Extintors.....83
4.10.6. Sistemes de boques d'incendi equipades.....83
4.10.7. Sistemes de columna seca.....84
4.10.8. Sistemes de ruixadors automàtics d'aigua.....84
4.10.9. Sistemes d'enllumenat d'emergència.....84
4.10.10. Senyalització.....85
4.11. Resum de la instal·lació contra incendis.....85

**Capítol 5: Climatització i Ventilació.....87**

5.1. Climatització.....87
5.1.1. Climatització de la zona del taller mecànic.....88
1. Càlcul de les càrregues tèrmiques.....89
2. Càlcul dels conductes.....91
3. Càlcul de la secció dels conductes d'evacuació.....92

4. Càlcul del consum anual de combustible.....93
5.1.2. Climatització de la zona d'oficines/vestíbul.....94
5.2. Ventilació.....98
5.2.1. Ventilació de la zona del taller mecànic.....98
5.2.1. Ventilació de la zona d'oficines/vestíbul.....100

**Capítol 6: Instal·lació Solar Tèrmica.....102**
6.1. Introducció.....102
6.2. Components bàsics de la instal·lació.....103
6.2.1. Sistema de captació.....104
6.2.2. Sistema d'acumulació.....104
6.2.3. Circuit hidràulic.....104
6.2.4. Sistema d'intercanvi.....105
6.2.5. Sistema de regulació i control.....105
6.2.6. Sistema d'energia convencional auxiliar.....105
6.3. Zona climàtica.....106
6.4. Contribució Solar mínima.....107
6.5. Càlculs i dimensionament.....108
6.5.1. Càlcul de la demanda d'energia.....109
6.5.2. Càlcul de la fracció solar.....110
6.5.3. Elecció dels col·lectors.....112
6.5.4. Distribució dels col·lectors.....113
6.5.5. Orientació, inclinació i ombres.....114
6.5.6. Volum de l'acumulador.....114
6.5.7. Disseny de l'intercanviador de calor.....115
6.5.8. Característiques del circuit hidràulic.....115
- Fluid caloportador.....115
- Cabal.....116
- Conductes.....117
- Bombes de circulació i vàlvules.....120
- Vas d'expansió.....120
- Purgadors.....121

6.5.9. Equip de regulació i control.....121
6.5.10. Descripció del sistema d'energia auxiliar.....122

**Capítol 7: Impacte ambiental.....123**

7.1. Objectiu de l'estudi.....123

7.2. Resum de l'avaluació.....124

7.3. Mesures a aplicar.....124

**Capítol 8: Pressupost.....125**

**Capítol 9: Bibliografia.....126**

# RESUM

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de fixar les condicions necessàries per al disseny de les instal·lacions bàsiques d'una nau industrial destinada a la fabricació de peces mecàniques.

S'han considerat instal·lacions bàsiques pel bon desenvolupament de l'activitat la instal·lació elèctrica en baixa tensió, la selecció de làmpades i lluminàries per garantir una correcte il·luminació, la instal·lació de protecció contra incendis, la climatització i ventilació de les zones de treball, ja siguin mecàniques o administratives, i la instal·lació solar tèrmica per a la producció d'aigua calenta sanitària.

La nau industrial es troba situada al polígon industrial de "Bufalvent", a Manresa.

# RESUMEN

El objetivo principal del presente proyecto es el de fijar las condiciones necesarias para el diseño de las instalaciones básicas de una nave industrial dedicada a la fabricación de piezas mecánicas.

Se han considerado instalaciones básicas para el buen funcionamiento de la actividad la instalación eléctrica en baja tensión, la selección de lámparas y luminarias para asegurar una correcta iluminación, la instalación de protección contra incendios, la climatización y ventilación de las zonas de trabajo, ya sean mecánicas o administrativas, y la instalación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria.

La nave industrial se encuentra situada en el polígono industrial de "Bufalvent", en Manresa.

# ABSTRACT

The principal aim of the project is fixing the necessary conditions for the design of the basic installations in an industrial plant dedicated to the manufacture of mechanical pieces.

The electrical installation has been considered to the basic facilities for the good functioning of the activity in low tension, the selection of lamps and lights to assure a correct lighting, the installations of fire protection, the air conditioning and ventilation of the work zones and the solar thermal installation for the production of hot sanitary water.

The industrial plant is situated in the industrial zone of "Bufalvent", in Manresa.

# AGRAÏMENTS

"En aquest petit apartar vull agrair a tota la gent que m'ha ajudat i aconsellat a realitzar aquest treball.

Primerament m'agradaria donar les gràcies a tots els membres de la meva família pel seu suport i ajuda. També m'agradaria agrair de tot cor l'ajuda de Josep Cayuelas, Efrem Planes, Pere Grandia, Xavier Fargas i tots els membres de l'Enginyeria LÀRIX, S.A. pels seus savis consells i per tota la seva ajuda i dedicació a l'hora de resoldre els meus dubtes. Per acabar, també donar les gràcies al meu professor del projecte, el senyor Josep Pardina per totes les seves atencions i consideracions.

Moltes gràcies a tots."

# CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ

En aquest apartat es pretén fer una breu introducció al que serà la nau industrial objecte del treball. Per fer-ho, es situarà la nau en qüestió i es detallaran les característiques bàsiques del local, seguint les especificacions bàsiques i la normativa aplicada.

També es mencionarà l'abast total del projecte i es descriurà el procés industrial que s'hi desenvolupa.

## 1.1. Objecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de realitzar tot un seguit d'instal·lacions per tal de satisfer i garantir les necessitats en una nau industrial. Aquest projecte pretén ser un document descriptiu que segueix la reglamentació vigent a fi d'obtenir l'autorització per a la seva execució.

Així doncs, es descriurà i realitzarà la instal·lació elèctrica en baixa tensió de la nau industrial, instal·lació contra incendis, instal·lació de ventilació i climatització i instal·lació solar tèrmica de plaques solars a la coberta de la nau per a escalfar l'aigua d'ús sanitari.

La nau industrial consta de dues plantes i l'activitat que s'hi desenvolupa és la fabricació de peces mecàniques diverses per a empreses constructores d'automòbils. A la planta baixa és on s'hi realitza l'activitat de construccions mecàniques i emmagatzematge de peces i, a la planta altell, tota activitat administrativa i reunions.

El local es troba situat al polígon industrial de "Bufalvent" de la capital de comarca del Bages, Manresa.

# 1.2. Emplaçament de l'edifici

La situació de l'edifici és la següent:

Carrer del Doctor Ferran, 36. Parcel·la 2.2d al polígon industrial de Bufalvent. *(consultar el plànol número 1 de la situació i l'emplaçament)*.

Molt importants per l'activitat i la vitalitat són les seves vies de comunicació. El polígon industrial de Bufalvent està molt ben comunicat. Està situat a només un quilòmetre de Manresa i compta amb els accessos de:

- Accés directe (Barcelona – França) C-55.
- Autopista C-16 (Terrassa, sortida 49) 1 km.
- Eix transversal (C-25) 4 km.
- Estació del tren dels ferrocarrils catalans 3.5 km.

Distàncies:

- Barcelona: 61 km.
- Aeroport de Barcelona: 62 km.
- Aeroport de Girona: 115 km.
- Port de Barcelona: 62 km.
- França: 190 km

Aquestes connexions i distàncies fan que la situació privilegiada del polígon industrial el converteixi en un polígon amb una gran capacitat de comunicació, assolint un àmbit de negoci internacional i de futur.

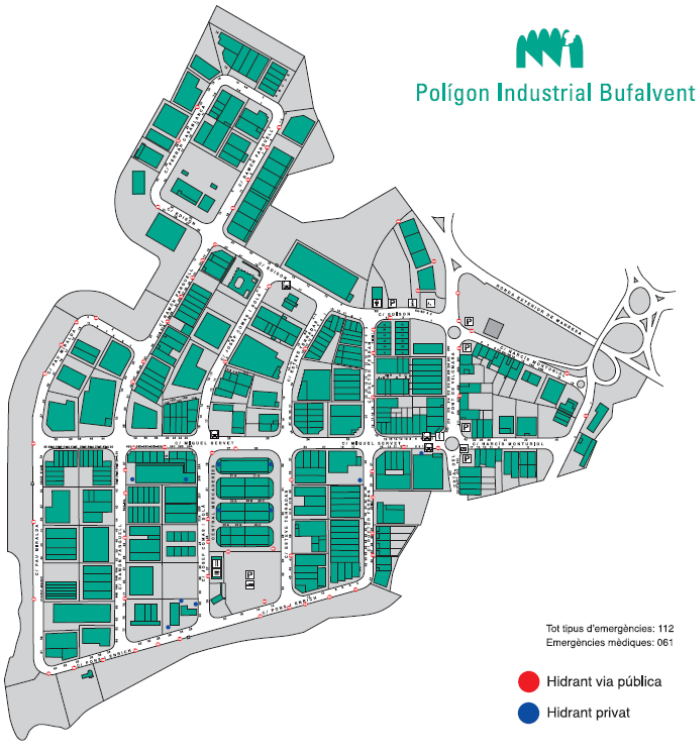



**Figura 1.1.** *Polígon industrial de Bufalvent.*

# 1.3. Antecedents

ALTIMIRA, S.A. és una empresa d'indústria mecànica dedicada a la fabricació de peces mecàniques i situada actualment al carrer del Bruc número 34 de Manresa.

L'empresa ha comprat una parcel·la al polígon industrial de Bufalvent (Manresa) i hi ha construït una nau industrial per tal de traslladar-s'hi.

Arribat actualment el punt de fer el trasllat de la indústria, la nova nau industrial es troba totalment acabada a falta de fer-hi totes les instal·lacions que descriu el present projecte i col·locar-hi la maquinària.

# 1.4. Generalitats

## *1.4.1. Nom i domicili del titular*

El titular de l'activitat és la societat "ALTIMIRA, S.A.", amb CIF B – 07.256.238 i domicili social al carrer del Bruc número 34 de Manresa. El codi postal és el 08240.

El representant de l'empresa és el sr. AUGUST ALTIMIRA FONT amb DNI 75869925-Z, el qual actua com a gerent de l'empresa.

## *1.4.2. Destí de la instal·lació*

L'activitat a realitzar consisteix en la pròpia d'una indústria de fabricació de peces destinades a construccions mecàniques.

## *1.4.3. Autor del projecte*

- Nom i cognoms: JORDI COSTA CUNYAT
- Titulació: Enginyer Tècnic Industrial
- Col·legiat: CETIB (Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona)
- Adreça: c/ Compte d'Urgell, 187
- Població: BARCELONA
- Codi Postal: 08036

# 1.5. Justificació

La realització d'aquest projecte rau en el fet de que l'empresa ha comprat una parcel·la en el polígon industrial de Bufalvent i hi ha construït una nau industrial per traslladar-s'hi.

Manresa, que es troba situada geogràficament al centre de Catalunya, és un nus important de comunicacions amb l'eix del Llobregat i l'eix transversal i sempre ha jugat un paper destacat en l'organització de la Catalunya central. Per tant, es considera que Manresa és una ciutat ideal per a desenvolupar una indústria de taller mecànic degut a la gran comunicació amb les empreses de la comarca del Bages i rodalies.

Els dissenys i càlculs de les instal·lacions previstes es desenvoluparan amb l'objectiu d'assegurar unes bones condicions de treball. Per tant, es realitzaran les instal·lacions necessàries per a la producció, regulant la seguretat i fent que les condicions dels treballadors siguin les més òptimes.

La instal·lació elèctrica de baixa tensió per l'enllumenat i la força motriu, per l'alimentació de les maquines i altres receptors elèctrics es farà seguint la normativa i tenint en compte les proteccions contra curtcircuits, sobrecàrregues i altres adversitats, de forma que els treballadors puguin treballar de la manera més tranquil·la i còmode. La il·luminació permetrà que les zones de treball, càrrega i descàrrega, oficines i altres punts de la nau estiguin previstos de suficient llum com per desenvolupar la seves funcions d'una manera adequada.

La instal·lació tèrmica facilitarà la correcte temperatura dins de la nau i la ventilació permetrà contribuir amb la climatització, ajudar en el confort tèrmic en períodes de calor i cobrir les necessitats de renovació de l'aire interior.

També es realitzarà la instal·lació de plaques solars a la coberta de la nau per aprofitar la radiació solar per a escalfar l'aigua sanitària, recolzant així les energies renovables i racionalitzant el consum.

# 1.6. Abast

El local del qual s'està parlant i en el que s'hi realitzaran les instal·lacions descrites és una nau industrial situada al polígon industrial de Bufalvent, a la parcel·la 2.2d del carrer Doctor de Ferran de Manresa, tal com s'ha explicat a l'apartat 1.2.

En el present projecte s'hi realitzarà:

- Disseny, dimensionat, càlcul i realització de la instal·lació elèctrica de baixa tensió per a l'enllumenat, força motriu i alimentació de maquinària de la zona de treball i altres receptors elèctrics com els ordinadors i equips electrònics de la zona administrativa de la nau.

- Disseny, dimensionat i anàlisi de les zones del local corresponents a la instal·lació contra incendis.
- Disseny, dimensionat, càlcul i elecció de les lluminàries corresponents a la instal·lació d'il·luminació.
- Disseny, dimensionat, càlcul i realització de la climatització i ventilació de la nau, adoptant les mesures necessàries per crear unes condicions òptimes per a la comoditat dins dels espais de treball.
- Disseny, dimensionat, càlcul i elecció de tot el material referent a la instal·lació solar tèrmica per a escalfar l'aigua d'ús sanitari.

# 1.7. Característiques de l'edifici

## *1.7.1. Superfícies*

L'edifici es tracta d'una nau industrial amb una superfície total construïda en planta baixa de 775,3 $m^2$, i uns altres 123,1 $m^2$ de planta altell, fent un total de 898,4 $m^2$.

La seva distribució és la següent:

| Zona | Superfície útil ($m^2$) |
|---|---|
| **Taller mecànic** | 538 $m^2$ |
| **Càrrega i descàrrega** | 110 $m^2$ |
| **Magatzem i recanvis** | 40,8 $m^2$ |
| **Vestíbul / Recepció** | 18,85 $m^2$ |
| **Menjador Office** | 9,6 $m^2$ |
| **Vestuaris** | 36,62 $m^2$ |
| **Oficina** | 22,42 $m^2$ |
| **Despatx** | 23,01 $m^2$ |
| **Servei P1** | 3 $m^2$ |
| **Sala de Reunions** | 10,85 $m^2$ |
| **Oficina Tècnica** | 22,42 $m^2$ |
| **Rebedor** | 16,68 $m^2$ |

**Taula 1.1.** *Superfícies útils en funció de la zona.*

### *1.7.2. Fonaments, murs i clavegueram*

El terreny on s'ha fet la construcció s'ha terraplenat i s'hi ha practicat una anivellació. La tensió de terreny a efectes de càlcul es considera de 2,5 kg/cm$^2$. La xarxa de clavegueram serà exterior a la nau i separativa, connectada al sanejament existent d'aigües residuals i pluvials. Els tubs de clavegueram seran de polietilè, amb un diàmetre de 400 mm, col·locats sobre solera i amb un pendent mínim de l'1%. Hi haurà arquetes en l'encontre amb els baixants d'aigües pluvials.

### *1.7.3. Estructura*

L'estructura serà prefabricada de formigó armat. El forjat de la planta altell es construirà per 600 kg/m$^2$ de sobrecàrrega útil. La coberta, per una sobrecàrrega d'ús de 80 kg/m$^2$.

### *1.7.4. Coberta*

La coberta serà a base de corretges de formigó i panells sandvitx, amb un pendent del 10%. Els baixants seran de PVC, de diàmetre 160 i 200 mm. A la coberta s'instal·laran les plaques solars necessàries per a la instal·lació solar tèrmica.

### *1.7.5. Tancaments exteriors*

Els tancaments exteriors seran prefabricats de formigó armat, aïllats interiorment i segellats per dins i per fora amb silicona.

### *1.7.6. Paviment*

El paviment tindrà un gruix de 20 cm, amb malla de diàmetre de 6 mm, cada 15 cm i formigó de 250 kg/cm$^2$, sobre base de 20 cm.

## 1.8. Descripció de l'activitat

El procés industrial que es durà a terme a la nau industrial serà el de fabricació de peces mecàniques diverses per empreses constructores automobilístiques. Tot aquest procés es desenvoluparà mitjançant la preparació dels materials necessaris, la mecanització en les màquines - eina instal·lades i un acabat posterior.

Una vegada acabades, les peces passaran per un control meticulós, a fi de que totes elles siguin correctes i no n'hi hagi cap de defectuosa abans de l'expedició.

Les peces són encarregades sota comanda per les empreses automobilístiques i, entre la varietat, en destaquen els eixos, daus, suports i brides.

# 1.9. Reglamentació aplicada

- Reglament electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) segons el Real Decret 842/2002 del 2 d'agost de 2002 i les seves Instruccions Tècniques Complementàries.
- Guia vademècum per a instal·lacions d'enllaç en Baixa Tensió del desembre de 2006.
- Normativa Tècnica particular d'Instal·lacions d'enllaç en baixa tensió de FECSA-ENDESA.
- Reglament de Seguretat i Salut en el Treball
- Prevenció de riscos laborals. Llei 31/1995.
- Reglament de Seguretat contra incendis en establiments industrials (RSCIEI) segons el Real Decret 2267/2004, 3 de desembre.
- Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) del 20 de juliol de 2007, segons el Real Decret 1027/2007 i les seves Instruccions Tècniques Complementàries.
- Normes UNE.
- Codi Tècnic d'edificació (CTE).

# CAPÍTOL 2: INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

La instal·lació elèctrica de la nau industrial es realitzarà seguint el Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió aprovat pel Reial Decret 842/2002 del 2 d'agost de 2002 i publicat en el BOE número 224 del 18 del mateix any i les seves pertinents Instruccions Tècniques complementàries. L'objectiu principal del present document és el de fixar les condicions i garanties que ha de complir la instal·lació elèctrica de baixa tensió, principalment en quant a la seguretat de les persones i les coses, la millora del funcionament de les instal·lacions i la qualitat dels elements utilitzats, permetent un major rendiment econòmic de les inversions, tot complint amb les normes de l'empresa subministradora.

## 2.1. Subministrament

L'empresa encarregada de dur a terme el subministrament de l'energia elèctrica és FECSA-ENDESA, el qual serà d'una tensió de 400/230 V i una freqüència de 50 Hz.

## 2.2. Escomesa

L'escomesa és una derivació des de la xarxa de distribució de l'empresa de servei elèctric cap a l'edificació. L'escomesa, en baixa tensió, finalitza a la caixa general de protecció situada al mur d'entrada a la nau industrial objecte de l'estudi.

# 2.3. Instal·lació d'enllaç

La instal·lació d'enllaç és la part de la instal·lació que uneix les xarxes de distribució de l'empresa subministradora amb les instal·lacions interiors dels consumidors. La instal·lació d'enllaç està composta per:

- Caixa de Protecció i Mesura (CPM)
- Derivació Individual (DI)
- Dispositius Generals de Comandament i Protecció (DGCP)

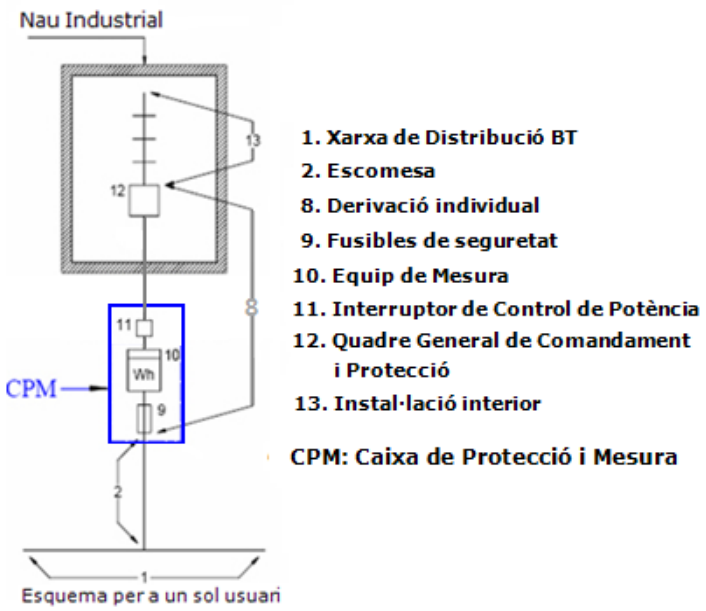



**Figura 2.1.** *Esquema de la instal·lació d'enllaç.*

## *2.3.1. Derivació individual*

La derivació individual és la part de la instal·lació que subministra energia elèctrica a una instal·lació d'usuari. Comença a l'embarrat general i compren els fusibles de seguretat, l'equip de mesura i els dispositius generals de comandament i protecció. Com que el subministrament serà per a un únic usuari, no existirà la línia general d'alimentació (LGA) i la instal·lació es simplificarà col·locant en un únic element la caixa general de protecció i l'equip de mesura, com es pot veure a la figura 2.1. El conjunt es denominarà caixa de protecció i mesura.

Tenint en compte aquestes consideracions, la derivació individual estarà formada per conductors de coure, a l'interior de tubs enterrats, del tipus RZ1-K (AS). Aquests conductors tindran una tensió assignada de 0,6/1 kV,

amb conductor de coure classe 5 (-K), amb aïllament de polietilè reticulat (XLPE) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina amb una baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z). Segons la ITC-BT-15, els conductors de la derivació individual seran no propagadors d'incendi, amb baixos en halògens i d'opacitat reduïda. La secció dels conductors serà de 150 $mm^2$ i tindran una longitud de 15 m. Els conductors es trobaran allotjats a l'interior de tubs enterrats de 180 mm.

La caiguda de tensió màxima admissible per al cas de derivacions individuals en subministres per a un únic usuari on no existeix línia general d'alimentació serà del 1,5%.

### *2.3.2. Caixa de Protecció i Mesura*

La caixa de protecció i mesura és aquella caixa que, en un sol element, inclou la caixa general de protecció i l'equip de mesura. Aquesta caixa està destinada a allotjar els fusibles i els equips de mesura per a subministraments individuals en baixa tensió. Estarà situada al mur d'entrada de la nau industrial adossada a la paret, dins d'un nínxol amb porta metàl·lica, situat el conjunt a l'alçada d'un metre (*consultar plànol número 4*).

Així doncs, la caixa de protecció i mesura estarà situada a prop de la xarxa de distribució publica, quedant allunyada i protegida adequadament d'altres instal·lacions, tal i com s'indica a les ITC-BT-06 i 07.

A més, a l'interior de la caixa s'instal·laran fusibles en tots els conductors de fase o polars, amb un poder de tall com a mínim igual al corrent de curtcircuit previst en el punt de la seva instal·lació. El neutre, constituït per una connexió amovible situat a l'esquerre de les fases, disposarà d'un born de connexió per a la seva posta a terra si es duu a terme. En quant a l'equip de mesura, serà de les següents característiques:

- Tipus TMF10
- Comptador Multifunció
- Transformador de corrent 200/5 (A/A)
- Bases de tamany DIN3

La caixa de protecció i mesura complirà amb tot el que s'indica a la norma UNE-EN 60439-1, tindrà un grau d'inflamabilitat segons s'indica a la norma UNE-EN 60439-3, una vegada instal·lades tindran un grau de protecció IP43 i IK08 segons les normes UNE 20324 i UNE-EN 50102 respectivament i serà precintada. L'envoltant disposarà de ventilació interna necessària per a que garanteixi que no es formin condensacions.

La CPM estarà formada per l'equip de mesura, per fusibles de seguretat de 315 A i per l'interruptor de control de potència de 400 A regulat a 200 A i amb un poder de tall de 36 kA.

### *2.3.3. Dispositius generals i individuals de comandament i protecció*

Els dispositius generals de comandament i protecció es situaran el més a prop possible del punt d'entrada de la derivació individual segons la ITC-BT-17.

La composició i característiques dels quadre general serà tal que els dispositius generals i individuals de comandament i protecció (la disposició del servei serà vertical) s'ubicaran a l'interior d'un o diversos quadres de distribució des d'on partiran els circuits interiors.

Els envoltants dels quadres s'ajustaran a les normes UNE 20451 i UNE-EN 60439-3 amb un grau de protecció mínim IP30 segons la norma UNE 20324 i IK07 segons UNE-EN 50102. L'envoltant per l'interruptor de control de potència serà precintat, i les seves dimensions estaran d'acord amb el tipus de subministrament i tarifa a aplicar. Les seves característiques i tipus correspondran a un model oficialment aprovat.

Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció seran, com a mínim:

- Un interruptor general automàtic de tall omnipolar, que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits. L'interruptor general automàtic tindrà el poder de tall suficient per a la intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en el punt de la seva instal·lació.
- Interruptors diferencials generals, destinats a la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits, excepte que la protecció contra contactes indirectes s'efectuï mitjançant altres dispositius d'acord amb la ITC-BT-24.
- Dispositius de tall omnipolar, destinats a la protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits de cada un dels circuits interiors de la indústria.
- Dispositius de protecció contra sobretensions permanents i transitòries, segons la ITC-BT-23.

Els altres interruptors automàtics i diferencials hauran de resistir els corrents de curtcircuit que puguin presentar-se en el punt de la seva instal·lació. La sensibilitat dels interruptors diferencials respondrà a tot el que es senyalitza a la ITC-BT-24. Els dispositius de protecció contra

sobrecàrregues i curtcircuits dels circuits interiors seran de tall omnipolar i tindran els pols protegits. Les seves característiques d'interrupció estaran d'acord amb els corrents admissibles dels conductors del circuit que protegeixin.

Segons la tarifa a aplicar, el quadre haurà de preveure la instal·lació dels mecanismes de control necessaris per exigència de l'aplicació d'aquesta tarifa.

## 2.4. Posada a terra

Les posades a terra s'estableixen bàsicament amb l'objectiu de limitar la tensió que, respecte al terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una averia en els materials elèctrics utilitzats.

La posada a terra és una unió elèctrica directa, sense fusibles ni cap mena de protecció, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes enterrats al terra. Amb tot això, es garantirà que en el conjunt d'instal·lacions i superfície pròxima al terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permeti el pas a terra dels corrents de defecte o de descàrrega d'origen atmosfèric.

La màxima resistència de posada a terra serà tal que, al llarg de la vida de la instal·lació i en qualsevol època de l'any, no es puguin produir tensions de contacte majors de 24 V a les parts metàl·liques accessibles de la instal·lació (suports, quadres metàl·lics, etc.)

Tots els receptors d'enllumenat, força motriu, així com les bases d'endoll, estan connectats amb una línia de 1x35 $mm^2$ de coure (Cu), a la xarxa general existent de terres de la nau industrial.

Les terres de la nau s'han fet amb cinc piques d'acer recobertes de coure de 16 mm de diàmetre i de dos metres d'allargada, clavades verticalment. La instal·lació de terres s'ha realitzat en espais on puguin donar valors de resistència menors. Les unions de cable i pica estan fetes amb soldadura del tipus "aluminotèrmica".

Al costat del quadre general situat a l'entrada de la nau industrial, s'hi situarà el born principal de posada a terra on es podrà mesurar la resistència de posada a terra.

### 2.4.1. Resistència de les preses de terra

L'elèctrode es dimensionarà de forma que la seva resistència de terra, en qualsevol circumstància prevista, no sigui superior al valor especificat per a ella en cada cas.

Aquest valor de resistència de terra serà tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors a:

- 24 V en local o emplaçament conductor
- 50 V en els altres casos

Si les condicions de la instal·lació son tals que poden donar lloc a tensions de contacte superiors a els valors esmentats anteriorment, s'assegurarà la ràpida eliminació de la falta mitjançant dispositius de tall adequats a la corrent de servei.

La resistència d'un elèctrode depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la seva resistivitat del terreny en el que s'estableixi. Aquesta resistivitat varia freqüentment d'un punt a un altre del terreny i també amb la profunditat.

### 2.4.2. Càlcul de terres

La resistivitat mitja del terreny aproximada és de 300 Ohms per metre. Com s'ha dit en anterioritat, s'instal·len un total de sis piques de dos metres d'allargada cada una clavades verticalment al terra. La resistència de les piques ve determinada per la següent expressió:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L} \qquad (2.1)$$

On:

- $R_{pica}$ és la resistència de posada a terra de cada pica [Ω].
- ρ és la resistivitat del terreny [Ω·m].
- L és la longitud de cada pica [m].

La resistència de les piques ha donat un valor de 30Ω.

Una vegada calculat el valor de resistència de posada a terra de les piques, es procedeix a calcular el valor de posada a terra del conductor soterrat. La resistència de posada a terra d'aquest conductor, d'una allargada de 100 metres, es calcularà a través de l'expressió 2.2:

$$R_{conductor} = \frac{2 \cdot \rho}{L} \qquad (2.2)$$

On:

- $R_{conductor}$ és la resistència de posada a terra de l'anell [Ω].
- ρ és la resistivitat del terreny [Ω·m].
- L és la longitud de l'anell [m].

La resistència del conductor ha donat un valor de 6Ω. Per tant, per calcular la resistència de posada a terra general, nomes s'ha de calcular la resistència del conjunt de la següent forma:

$$R_{PaT} = \frac{1}{\frac{1}{R_{piques}} + \frac{1}{R_{conductor}}} \quad (2.3)$$

On:

- $R_{PaT}$ és la resistència de posada a terra.

Per tant, nomes falta calcular la resistència total de posada a terra, que ha donat un valor de 4,84Ω.

### *2.4.3. Justificació de les sensibilitats*

D'acord amb la instrucció ITC-BT-24 corresponent a la protecció contra contactes directes i indirectes:

$$R = \frac{V}{I_s} \quad (2.4)$$

Considerant R com la resistència de terra en Ohms (Ω), Is la sensibilitat en ampers (A) i V la tensió de servei en volts.

Així doncs, en el pitjor dels casos, considerant una tensió de defecte de 24V:

- Per a una sensibilitat de 0,03A, la resistència màxima és de 800Ω.
- Per a una sensibilitat de 0,3A, la resistència màxima és de 80Ω.

# 2.5. Instal·lació interior

Les instal·lacions interiors són aquelles que, alimentades per una xarxa de distribució, tenen com a finalitat principal la utilització de l'energia elèctrica. Les condicions tècniques que han de reunir queden especificades a les instruccions tècniques complementàries del REBT, de la instrucció ITC-BT-19 a la 27. Aquestes instruccions especifiquen les característiques que han de complir les instal·lacions elèctriques, tant en el cas de vivendes com d'altres establiments.

Tota instal·lació interior, a l'hora de projectar-se, es procura aconseguir el màxim equilibri entre les càrregues que suporten els diferents conductors que en formen part. Conseqüentment, per a que es mantingui el major equilibri possible a la càrrega dels conductors que formen part de la instal·lació, es procurarà que aquesta quedi repartida entre les fases.

## *2.5.1. Conductors actius*

Es consideraran conductors actius els destinats a la transmissió d'energia elèctrica. Els conductors i cables que s'utilitzin en les instal·lacions seran de coure i seran sempre aïllats, excepte quan vagin muntats sobre aïlladors, tal com s'indica a la ITC-BT-20.

La secció dels conductors a utilitzar es determinarà de manera que la caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt d'utilització sigui menor del 3% de la tensió nominal per a enllumenat i del 5% per als altres usos. El valor de la caiguda de tensió podrà compensar-se entre la de la instal·lació interior i la de les derivacions individuals de forma que la caiguda de tensió total sigui inferior a la suma dels valors límits especificats per ambdues, segons el tipus d'esquema utilitzat.

En instal·lacions interiors, per tenir en compte els corrents harmònics deguts a càrregues no lineals i possibles desequilibris, la secció del conductor neutre serà, com a mínim, igual a la secció de les fases.

Les intensitats màximes admissibles es regiran, a la seva totalitat, per tot el que es recull a la norma UNE 20460-5-523 i el seu annex nacional.

En general, els conductors seran fàcilment identificables, especialment el conductor neutre i el conductor de protecció. El conductor neutre s'identificarà amb el color blau clar i el conductor de protecció, de color verd-groc. Tots els conductors de fase s'identificaran pel color marró o negre i quan es consideri necessari identificar tres fases diferents, s'utilitzarà també el color gris.

### *2.5.2. Conductors de protecció*

Els conductors de protecció serveixen per unir elèctricament les masses d'una instal·lació a certs elements amb la finalitat d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

En el circuit de connexió a terra, els conductors de protecció uniran les masses al conductor de terra.

En altres casos reben igualment el nom de conductors de protecció, aquells conductors que uneixen les masses:

- Al neutre de la xarxa.
- A un relé de protecció.

La secció dels conductors de protecció serà la indicada a la taula 2.1 o s'obtindrà per càlcul conforme a tot el què s'indica a la norma UNE 20460-5-54, apartat 543.1.1.

Als conductors de protecció se'ls aplicarà la norma UNE 20460-5-54, apartat 543. Pels conductors de protecció que estiguin constituïts pel mateix metall que els conductors de fase, tindran una secció mínima igual a la fixada a la taula 2.2. en funció de la secció dels conductors de fase de la instal·lació. En cas que siguin de diferent material, la secció es determinarà de manera que presenti una conductivitat equivalent a la que resulta d'aplicar la taula 2.1.

| Seccions dels conductors de fase o polars de la instal·lació (mm2) | Seccions mínimes dels conductors de protecció (mm2) |
|---|---|
| S ≤ 16 | S * |
| 16 < S ≤ 35 | 16 |
| S > 35 | S/2 |
| * Amb un mínim de:<br>• 2,5 mm2 si els conductors de protecció no formen part de la canalització d'alimentació i tenen una protecció mecànica.<br>• 4 mm2 si els conductors de protecció no formen part de la canalització d'alimentació i no tenen protecció mecànica. | |

**Taula 2.1.** *Taula referent als conductors de protecció.*

Si l'aplicació de la taula porta a valors no normalitzats, s'han d'utilitzar conductors que tinguin la secció normalitzada superior més pròxima.

### *2.5.3. Subdivisió de les instal·lacions*

Les instal·lacions es subdividiran de manera que les pertorbacions originades per averies que puguin produir-se en un punt d'elles afectin, només, a certes parts de la instal·lació.

Els dispositius de protecció de cada circuit estaran adequadament coordinats i seran selectius amb els dispositius generals de protecció que precedeixin.

Les instal·lacions es dividiran en diversos circuits a fi d'evitar interrupcions innecessàries de tot el circuit i limitar les conseqüències en cas de produir-se un error d'alimentació. Gràcies a això, també es facilitaran les verificacions, assajos i manteniments i s'evitaran els riscos que podrien resultat de l'error d'un sol circuit que podés dividir-se, com per exemple si només hi hagués un circuit d'enllumenat.

### *2.5.4. Càrregues equilibrades*

A fi de mantenir el major equilibri possible a la càrrega dels conductors que formen part de la instal·lació, es procurarà que la càrrega quedi repartida entre les fases de la forma més equitativa possible.

### *2.5.5. Mesures de protecció contra contactes directes i indirectes*

La instal·lació elèctrica s'establirà de forma que no suposi cap mena de risc per a les persones i els animals domèstics, tant en servei normal com quan puguin presentar-se averies previsibles.

Per tant i tenint en compte aquests riscos, la instal·lació es projectarà i s'executarà aplicant les mesures de protecció necessàries contra els contactes directes i indirectes. Aquestes mesures de protecció compliran amb tot el que s'especifica a la norma UNE 20460 i que recull la present memòria a l'apartat 2.6.3.

### *2.5.6. Resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica*

Tal i com marca el REBT, la instal·lació presentarà una resistència d'aïllament almenys igual als valors indicats a la taula 2.2. que es pot veure a continuació:

| Tensió nominal de la instal·lació | Tensió d'assaig en corrent contínua (v) | Resistència d'aïllament (MΩ) |
|---|---|---|
| Molt baixa tensió de seguretat (MBTS)<br>Molt baixa tensió de protecció (MBTP) | 250 | ≥ 0,25 |
| Inferior o igual a 500 V, excepte el cas anterior | 500 | ≥ 0,5 |
| Superior a 500 V | 1000 | ≥ 1,0 |
| Nota: Per a instal·lacions a MBTS i MBTP, consultar ITC-BT-36 | | |

**Taula 2.2.** *Resistència d'aïllament de les instal·lacions.*

Per la seva banda, la rigidesa dielèctrica de la instal·lació, ha de ser tal que, desconnectats els aparells d'utilització (els receptors), resisteixi durant un minut una prova de tensió de 2U + 1000 V a freqüència industrial, essent U la tensió màxima de servei expressada en volts i amb un mínim de 1500 V.

Els corrents de fuga no seran mai superiors per al conjunt de la instal·lació o per cada un dels circuits en que aquesta es pugui dividir a efectes de la seva protecció, a la sensibilitat que presentin els interruptors diferencials instal·lats com a protecció contra els contactes indirectes.

### *2.5.7. Connexions*

En cap cas es permetrà la unió de conductors mitjançant connexions i/o derivacions per enrotllament entre sí de conductors, sinó que haurà de realitzar-se sempre utilitzant borns de connexió muntats individualment o constituint blocs o regletes de connexió. També es poden permetre la utilització de brides de connexió, sempre efectuant-se a l'interior de caixes de derivació.

### *2.5.8. Tubs i canals protectors*

Els tubs i canals protectors de la instal·lació quedaran regits per la ITC-BT-21. Seran rígids i flexibles, tot garantint una fàcil accessibilitat.

El traçat de les canalitzacions es farà seguint, preferentment, línies verticals i horitzontals paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectuarà la instal·lació.

A la planta altell (zona d'oficines) i la part de la planta baixa destinada al vestíbul/recepció, menjador office i els vestuaris, s'instal·laran els conductors aïllats en canals protectores encastades a la paret. Les canals, de 60x43 mm, seran conformes a tot el què s'esmenta a les normes UNE-EN 50085 i es classificaran segons el que s'estableix a la present norma.

Tant a la zona del taller mecànic, com a la zona de càrrega i descàrrega i al magatzem de peces acabades i recanvis, els conductors aniran allotjats en safates metàl·liques perforades del tipus rejiban de 70x300 mm.

El recorregut dels tubs i safates queda recollit al plànol número 4.

# 2.6. Elements de protecció

## *2.6.1. Protecció contra sobreintensitats*

Les proteccions oportunes que s'han de realitzar a l'hora de fer front a les sobreintensitats venen explicades a la ITC-BT-22 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT).

Les sobreintensitats són tots aquells corrents que superen un valor assignat. Referent als conductors, el valor assignat és el corrent màxim admissible. Les sobreintensitats poden estar causades per:

- Sobrecàrregues degudes als aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
- Curtcircuits.
- Descàrregues elèctriques atmosfèriques.

El REBT estableix les següents normes de protecció:

a) <u>Protecció contra sobrecàrregues:</u> El límit d'intensitat de corrent admissible en un conductor ha de quedar, en tot cas, garantida pel dispositiu de protecció utilitzat. El dispositiu de protecció podrà estar constituït per un interruptor automàtic de tall omnipolar amb una corba tèrmica de tall, o per fusibles tallacircuits calibrats de característiques de funcionament adequades.

b) <u>Protecció contra curtcircuits:</u> A l'origen de tot circuit s'establirà un dispositiu de protecció conta curtcircuits la capacitat de tall tel qual estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en el punt de la seva connexió. S'admet, no obstant, que quan es tracti de circuits derivats d'un principal, cada un d'aquests circuits derivats disposi de protecció contra sobrecàrregues, mentre que un sol dispositiu general pugui assegurar la protecció contra curtcircuits

per a tots els circuits derivats. S'admeten com a dispositius de protecció contra curtcircuits els fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades i els interruptors automàtics amb un sistema de tall omnipolar.

Tenint en compte tot el que s'ha explicat, les proteccions contra les sobreintensitats es realitzaran mitjançant interruptors magnetotèrmics de corba C i de tall omnipolar encarregats d'interrompre el corrent elèctric de cada circuit quan aquest sobrepassi certs valors màxims (defecte) i dimensionats amb un poder de tall igual o major a la intensitat màxima de curtcircuit del tram.

Les característiques de funcionament d'un dispositiu de protecció que protegeix un cable o un conductor contra les sobrecàrregues ha de satisfer la següent condició:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (2.5)$$

On:

- $I_b$ és el corrent pel qual s'ha dissenyat el circuit segons la previsió de càrrega.
- $I_n$ és el corrent assignat al dispositiu de protecció (per als dispositius de protecció regulables, $I_n$ és la intensitat de regulació seleccionada).
- $I_z$ és el corrent admissible del cable en funció del sistema d'instal·lació utilitzat (regulat segons la norma UNE 20460-5-523:2004 que modifica la taula 1 de la ITC-BT-19 del REBT 2002).

Tot dispositiu de protecció contra curtcircuits haurà de complir les dues condicions següents:

1) El poder de tall del dispositiu de protecció ha de ser igual o major que la intensitat de curtcircuit màxima prevista en el seu punt d'instal·lació, tal i com s'ha explicat en anterioritat.

2) El temps de tall de tota corrent que resulti d'un curtcircuit que es produeixi en un punt de qualsevol circuit, no ha de ser superior al temps que els conductors tarden a arribar a la seva temperatura límit admissible.

En tot cas, a l'hora d'aplicar el criteri de selecció del dispositiu més adequat, es tindran en compte les següents condicions:

- Condicions de selectivitat o protecció en sèrie de la instal·lació.
- Importància econòmica i/o estratègica dels equips alimentats.
- La probabilitat de defectes.
- Les consideracions de caire econòmic.

### *2.6.2. Protecció contra sobretensions*

Les proteccions oportunes contra les sobretensions es realitza seguint al ITC-BT-23 del REBT 2002.

Aquesta instrucció tracta de la protecció de les instal·lacions elèctriques interiors contra les sobretensions transitòries que es transmeten per les xarxes de distribució i que s'originen, fonamentalment, com a conseqüència de descàrregues atmosfèriques, commutacions de xarxes i defectes d'aquestes.

El tipus de sobretensions que poden aparèixer són de dos tipus:

- Sobretensions permanents: Es considera sobretensió permanent quan el valor eficaç de la tensió és superior al 110% del valor nominal i es manté en el temps, durant diversos períodes, o permanentment. Són originades, generalment, com a conseqüència de defectes de connexió del neutre o en els centres de transformació. Els efectes negatius que provoca la seva aparició són el deteriorament del material (envelliment de l'aïllament). La solució adoptada per fer front a les sobretensions permanents és la desconnexió de la instal·lació a través de bobines de sobretensió.

- Sobretensions transitòries: Són aquells impulsos de tensió caracteritzats per un alt valor de pic i una ràpida i breu duració. Les causes més comunes de la seva aparició es deuen a les causes atmosfèriques (rajos) o bé maniobres a la xarxa (connexió – desconnexió de grans càrregues). L'aparició d'aquest tipus de sobretensions provoca efectes destructius, com la perforació dels dielèctrics i la destrucció de components electrònics. La solució adoptada per fer front a les sobretensions permanents són els limitadors de sobretensió.

Per tant, s'adoptaran les mesures anteriorment esmentades per a protegir la instal·lació de les possibles sobretensions que puguin aparèixer.

### *2.6.3. Protecció contra contactes directes i indirectes*

La protecció contra contactes directes i indirectes té per objectiu el d'assegurar la protecció de les persones i animals domèstics contra els xocs elèctrics. Les mesures de protecció oportunes queden regulades a la ITC-BT-24 del REBT 2002. En la protecció contra els xocs elèctrics s'aplicaran les mesures apropiades.

La protecció contra els contactes directes es caracteritza per prendre les mesures oportunes per a protegir les persones i/o animals domèstics de les parts actives dels materials o equips, és a dir, conductors i peces amb tensió de servei normal. La protecció contra els contactes indirectes, per altre banda, està destinada a protegir el contacte de persones i/o animals que s'han posat sota tensió com a resultat d'un defecte d'aïllament.

Per a fer front a tot això, es determinaran les següents mesures de protecció contra els contactes directes:

- Les parts actives hauran d'estar recobertes d'un aïllament que només pugui ser eliminat destruint-lo.
- Les parts actives hauran d'estar situades a l'interior d'embolcalls o darrere de barreres que posseeixin, com a mínim, un grau de protecció IPXXB, segons la norma UNE 20325. Les superfícies superiors de les barreres o embolcalls horitzontals que son fàcilment accessibles, hauran de respondre, com a mínim, al grau de protecció IP4X o IPXXD.
- Les barreres o embolcalls hauran de fixar-se de manera segura i seran d'una robustesa i durabilitat suficients per a mantenir els graus de protecció exigits.
- Quan sigui necessari suprimir les barreres, obrir els embolcalls o treure parts d'aquestes, tot això s'haurà de fer amb l'ajuda d'una clau o d'eines, després de treure la tensió de les parts actives protegides per aquestes barreres o embolcalls, no podent ser restablerta la tensió fins després de tornar a col·locar les barreres. També, si hi ha interposada una segona barrera que posseeix, com a mínim, el grau de protecció IP2X o IPXXB, que no pugui ser treta més que amb l'ajuda d'una clau o d'una eina que impedeixi tot contacte amb les parts actives.

La protecció per a fer front els contactes indirectes, es realitzarà mitjançant interruptors diferencials, els quals interrompran el pas del corrent al circuit que protegeixin.

# 2.7. Secció dels conductors. Caigudes de tensió

La secció dels conductors a utilitzar es determinarà de manera que la caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt d'utilització sigui, llevat de tot el què es prescriu a les instruccions particulars, del 3% de la tensió nominal per a qualsevol circuit interior referent a l'enllumenat i del 5% en els demés casos. Aquesta caiguda de tensió es calcularà considerant alimentats tots els aparells d'utilització susceptibles de funcionar simultàniament.

La secció dels conductors es calcularà fent servir els mètodes de la caiguda de tensió màxima i el mètode d'aplicació del criteri de la $I_{màxima}$, fent servir la norma UNE 20460-5-523:2004 que modifica la taula 1 de la ITC-BT-19 del REBT del 2002, a la qual entrant pel tipus d'instal·lació i el nombre de conductors i naturalesa de l'aïllant, permet seleccionar la secció en funció de la intensitat màxima admissible.

S'ha de tenir en compte, com s'ha dit en anterioritat, que s'ha d'acomplir la condició que recull l'equació 2.5 de coordinació de les proteccions.

# 2.8. Dimensionament de la instal·lació

Les línies d'alimentació a punts de llum amb làmpades o tubs de descàrrega, estaran previstes per a transportar la càrrega deguda als propis receptors, als seus elements associats, a les seves corrents harmòniques d'arrencada i desequilibri entre fases. Com a conseqüència d'això, la potència aparent mínima en V·A, es considerarà 1,8 vegades la potència en watts de les làmpades o tubs de descàrrega.

A més, es considerarà un factor de potència de 0,95 pels fluorescents encarregats d'il·luminar la zona d'oficines / vestidors i la zona de càrrega i descàrrega i un factor de potència de $\simeq$ 1 per les làmpades d'halogenurs metàl·lics corresponents a la zona de taller de la nau industrial. La màxima caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació i qualsevol altre punt de la instal·lació, serà menor o igual que 3% com s'ha esmentat en casos anteriors.

Pel que fa a les línies d'alimentació que alimenten motors, es dimensionaran per a una intensitat del 125% de la intensitat a plena càrrega del motor, tal com indica la ITC-BT-47 del REBT 2002. Així mateix, es considerarà un factor de potència del 0,85 per cada màquina.

# 2.9. Compensació d'energia reactiva

Tota màquina elèctrica alimentada en corrent alterna, converteixen l'energia elèctrica subministrada en treball mecànic i calor. Aquesta energia es mesura en kW·h i es denomina energia activa.

L'energia reactiva es posa de manifest quan hi ha un canvi d'energia entre els receptors i la font subministradora, provocant pèrdues i caigudes de tensió en els conductors i un consum suplementari d'energia que no és aprofitable directament pels receptors. Generalment, aquesta energia està associada als camps magnètics interns dels motors i transformadors. Aquest tipus d'energia es mesura en kV·Ar i es necessari compensar-la ja que provoca sobrecàrregues a les línies transformadores i generadores, sense produir un treball útil.

## *2.9.1. El factor de potència*

La connexió de càrregues inductives a una instal·lació provoca el desfasament entre l'ona d'intensitat i la de tensió. L'angle mesura aquest desfasament i indica la relació entre la intensitat reactiva d'una instal·lació i la intensitat activa de la mateixa. Aquesta mateixa relació s'estableix entre les potències o energies activa i reactiva.

El factor de potència és el nom donat a la relació entre la potència activa (W) utilitzada en un sistema i la potència aparent (V·A) que s'obté de les línies d'alimentació. Dit d'una altre manera, el factor de potència (o cosinus de φ) és el cosinus de l'angle format pel desfasament del corrent respecte la tensió aplicada. Per aquesta raó, el factor de potència mostrarà el rendiment elèctric d'una instal·lació.

Tots els aparells que contenen inductàncies, tant els motors com els transformadors i altres equips amb bobines, necessiten corrents reactives per establir els camps magnètics necessaris per la seva operació. Aquest fet genera factors de potència baixos a la instal·lació. El factor de potència baix es compensa amb la utilització de condensadors, fet que fa que el funcionament del sistema sigui més eficaç i, per tant, requereixi menys corrent a la línia.

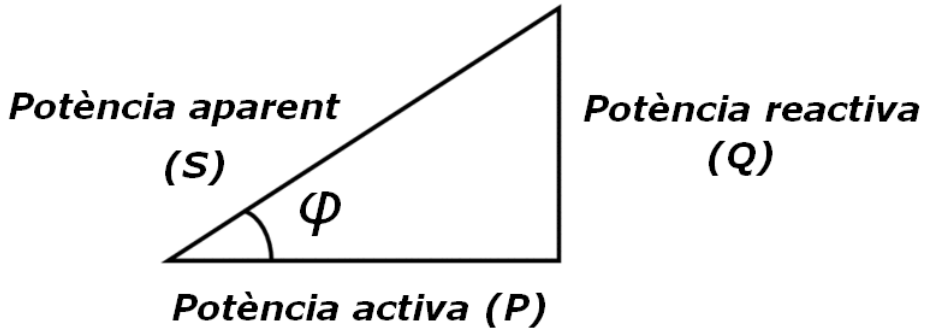



**Figura 2.2.** *Triangle de potències.*

Les potències activa, reactiva i aparent formen el que es denomina triangle de potències. La potència que s'utilitza realment és la potència activa (P). La potència reactiva (Q) és la ineficiència elèctrica i té un cost addicional que reflexa en els rebuts mensuals. L'angle format en el triangle de potències per P i S equival al desfasament entre el corrent i la tensió i és el mateix angle de la impedància. Per tant, el factor de potència depèn directament del desfasament (*veure la figura 2.2*).

### *2.9.2. Avantatges de la compensació d'energia reactiva*

La compensació d'energia reactiva comporta grans avantatges. Es poden resumir a continuació:

- Elimina la facturació d'energia reactiva en els rebuts de l'empresa subministradora d'energia elèctrica.
- Redueix les caigudes de tensió.
- Redueix les pèrdues per efecte joule.
- Protegeix la vida útil de les instal·lacions.

### *2.9.3. Dimensionament de la bateria de condensadors*

A l'hora d'escollir els requisits bàsics de la bateria de condensadors, es tindran en compte les següents dades:

- Potència activa: 174984W
- Factor de potència de la instal·lació: 0,898
- Factor de potència desitjat: 1

Per calcular la potència reactiva a compensar, s'utilitzarà la fórmula que ve descrita a continuació:

$$Q_c = P \cdot \left(tg_{\varphi 1} - tg_{\varphi 2}\right) \quad (2.6)$$

On:

- $Q_c$ és la potència reactiva a compensar, expressada en V·Ar.
- P és la potència activa, expressada en W.
- $Tg_{\varphi 1}$ és la tangent de l'angle sense compensació.
- $Tg_{\varphi 2}$ és la tangent de l'angle compensat.

Per tant, aplicant la fórmula 2.4, la potència reactiva total a compensar és de 85515,9 V·Ar. La bateria de condensadors es connectarà en esglaons de deu en funció de la potència reactiva en cada instant.

### *2.9.4. Elecció de la bateria de condensadors*

La bateria de condensadors a escollir serà d'una potència reactiva nominal de 90 kV·Ar de funcionament automàtic i d'una configuració 9x10. La bateria de condensadors serà de la casa *Schneider* i del tipus *Capacitor and Banks 50 Hz 400/415 V network voltage Varset Classic*.

## 2.10. Potència total instal·lada

La potència total instal·lada serà la suma de les potències del total d'elements instal·lats a la nau industrial. La potència total instal·lada i la potència a contractar queden explicades a la taula 2.3:

| TIPUS DE POTÈNCA | XIFRES |
|---|---|
| **Potència total instal·lada** | 174984 W |
| **Coeficient de simultaneïtat** | 0,7 |
| **Potència de càlcul aplicant coeficient** | 122489 W |
| **Potència a contractar** | 139000 W |

**Taula 2.3.** *Resum de la potència total instal·lada i a contractar.*

A continuació, a les taules 2.4 i 2.5, es mostra la potència instal·lada en maquinària i enllumenat.

### *2.10.1. Maquinària*

La maquinària total instal·lada es pot veure a continuació:

| ***Tipus de màquina*** | ***Potència (kW)*** |
|---|---|
| 4 Torns cilíndrics | 4 x 12 = 48 kW |
| 1 Rectificadora | 2 kW |
| 2 Fresadores | 2 x 15 = 30 kW |
| 1 Llimadora | 4 kW |
| 3 Trepants de columna | 3 x 1 = 3 kW |
| 1 Tronçadora | 2 kW |
| 2 Moles de polir | 1,5 + 2,5 = 4 kW |
| 1 Serra | 3 kW |
| 2 Equips de soldadura elèctrica | 5 + 7,5 = 12,5 kW |
| 1 Pont grua de 5 kg | 12 kW |
| 1 Compressor de cargol | 10 kW |
| Generador d'aire calent | 4 kW |
| Equips diversos zona d'oficines | 5 kW |
| Equips menjador office + vestíbul | 6 kW |
| 4 Extractors vestuaris i serveis | 4 x 0,1 = 0,4 kW |
| Instal·lació ACS | 5 kW |
| Extractor mural fums soldadura | 3 kW |
| Bomba de calor coberta | 4 kW |
| Unitats interiors (fan-coils) climatització | 0,34 kW |
| Motor porta principal entrada | 0,5 kW |
| **TOTAL MAQUINÀRIA** | **158,74 kW** |

**Taula 2.4.** *Resum de la potència total instal·lada de la maquinària.*

### *2.10.2. Il·luminació*

A la taula 2.5 es fa un resum de la potència instal·lada referent a l'enllumenat de la nau industrial. Per veure els càlculs i mètodes que s'han seguit a l'hora de determinar les lluminàries i làmpades més adients, cal consultat el capítol 3 de la present memòria i l'annex 2 d'il·luminació. En quan a l'enllumenat d'emergència, s'haurà de consultar l'apartat 4.10.9 del capítol 4 de la present memòria.

| ***Enllumenat*** | ***Potència (kW)*** |
|---|---|
| Enllumenat zona d'oficines | 0,918 kW |
| Enllumenat vestíbul / recepció, menjador office i vestuaris | 0,306 kW |
| Enllumenat escala interior | 0,15 kW |
| Enllumenat càrrega i descàrrega | 0,75 kW |
| Enllumenat magatzem i recanvis | 0,108 kW |
| Enllumenat taller | 13,2 kW |
| Enllumenat cambra del compressor | 0,108 kW |
| Enllumenat exterior | 0,5 kW |
| Enllumenat d'emergència zona d'oficines | 0,072 kW |
| Enllumenat d'emergència vestíbul / recepció, menjador office i vestuaris | 0,036 kW |
| Enllumenat d'emergència escala interior | 0,012 kW |
| Enllumenat d'emergència càrrega i descàrrega | 0,012 KW |
| Enllumenat d'emergència taller | 0,072 kW |
| **TOTAL IL·LUMINACIÓ** | **16,244 kW** |

**Taula 2.5.** *Resum de la potència total instal·lada en il·luminació.*

# 2.11. Descripció de la instal·lació

## *2.11.1. Elements protectors de la instal·lació*

**Quadre general de distribució**

| General | IGA 400 A (Regulat 0,5) | |
|---|---|---|
| | | |
| Línia 1 | IM de 20 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2 | IM de 100 A IV | ID de 100 A IV – 300 mA |
| Línia 3 | IM de 50 A IV | ID de 63 A IV – 300 mA |
| Línia 4 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5 | IM de 100 A IV | ID de 100 A IV – 300 mA |
| Línia 6 | IM de 32 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 7 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 8 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 9 | IM de 10 A II | |
| Línia 10 | IM de 10 A II | |
| Línia 11 | IM de 10 A II | |
| Línia 12 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 13 | IM de 10 A II | |
| Línia 14 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA + 2 IG de 40 A II |
| Línia 15 | IM de 16 A II | |
| Línia 16 | IM de 16 A II | |
| Línia 17 | IM de 10 A II | |
| Línia 18 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA + 2 IG de 40 A II |
| Línia 19 | IM de 16 A II | |
| Línia 20 | IM de 16 A II | |
| Línia 21 | IM de 10 A II | |
| Línia 22 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA + 2 IG de 40 A II |
| Línia 23 | IM de 16 A II | |
| Línia 24 | IM de 16 A II | |
| Línia 25 | IM de 10 A II | |
| Línia 26 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA + IG de 40 A II |
| Línia 27 | IM de 10 A II | |
| Línia 28 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 29 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 30 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 31 | IT de 160 A IV (Regulat 0,9) | |

**Taula 2.6.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del quadre general.*

**Subquadre Oficines**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 1.1 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 1.2 | IM de 16 A II | |
| Línia 1.3 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 1.4 | IM de 16 A II | |
| Línia 1.5 | IM de 16 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 1.6 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 1.7 | IM de 10 A II | |
| Línia 1.8 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |
| Línia 1.9 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 1.10 | IM de 10 A II | ID de 40 A II – 30 mA |

**Taula 2.7.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del subquadre Oficines.*

**Subquadre Torns**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 2.1 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2.2 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2.3 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2.4 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2.5 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 2.6 | IM de 16 A IV | |
| Línia 2.7 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |

**Taula 2.8.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del subquadre Torns.*

**Subquadre Soldadura**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 3.1 | IM de 20 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 3.2 | IM de 16 A IV | |
| Línia 3.3 | IM de 32 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 3.4 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 3.5 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |

**Taula 2.9.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del subquadre Soldadura.*

**Subquadre Màquines 1**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 4.1 | IM de 10 A IV | |
| Línia 4.2 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 4.3 | IM de 10 A IV | |
| Línia 4.4 | IM de 10 A IV | |
| Línia 4.5 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 4.6 | IM de 10 A IV | |
| Línia 4.7 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |

| | | |
|---|---|---|
| Línia 4.8 | IM de 16 A IV | |

**Taula 2.10.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del subquadre Màquines 1.*

**Subquadre Màquines 2**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 5.1 | IM de 40 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.2 | IM de 40 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.3 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.4 | IM de 10 A IV | |
| Línia 5.5 | IM de 10 A IV | |
| Línia 5.6 | IM de 25 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.7 | IM de 10 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.8 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |
| Línia 5.9 | IM de 16 A IV | |
| Línia 5.10 | IM de 16 A IV | ID de 40 A IV – 300 mA |

**Taula 2.11.** *Resum dels dispositius de protecció de les línies del subquadre Màquines 2.*

- IM = Interruptor magnetotèrmic
- ID = Interruptor diferencial
- IT = Interruptor Toroïdal
- IG = Interruptor

### *2.11.2. Descripció de les línies*

**Quadre general de distribució**

| | | |
|---|---|---|
| Derivació individual | 3x150 + 95 $mm^2$ Cu | |
| | | |
| Línia 1 | 4x6 + 6 $mm^2$ Cu | Subquadre Oficines |
| Línia 2 | 4x25 + 16 $mm^2$ Cu | Subquadre Torns |
| Línia 3 | 4x10 + 10 $mm^2$ Cu | Subquadre Soldadura |
| Línia 4 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Subquadre Màquines 1 |
| Línia 5 | 4x25 + 16 $mm^2$ Cu | Subquadre Màquines 2 |
| Línia 6 | 2x10 + 10 $mm^2$ Cu | Equips vestíbul+menjador |
| Línia 7 | 2x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Preses de corrent vestíbul+menjador+vestuaris |
| Línia 8 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat vestíbul+menjador+vestuaris |
| Línia 9 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat escala |
| Línia 10 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat càrrega i descàrrega |
| Línia 11 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat magatzem i recanvis |

| | | |
|---|---|---|
| Línia 12 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat compressor |
| Línia 13 | 2x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat exterior |
| Línia 14 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 1.1 Enllumenat taller |
| Línia 15 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 1.2 Enllumenat taller |
| Línia 16 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 2.1 Enllumenat taller |
| Línia 17 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 2.2 Enllumenat taller |
| Línia 18 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 3.1 Enllumenat taller |
| Línia 19 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 3.2 Enllumenat taller |
| Línia 20 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 4.1 Enllumenat taller |
| Línia 21 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 4.2 Enllumenat taller |
| Línia 22 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 5.1 Enllumenat taller |
| Línia 23 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 5.2 Enllumenat taller |
| Línia 24 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 6.1 Enllumenat taller |
| Línia 25 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Encesa 6.2 Enllumenat taller |
| Línia 26 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat d'emergència vestíbul+menjador+vestuaris+escala |
| Línia 27 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat d'emergència taller+càrrega i descàrrega |
| Línia 28 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Extractors vestuaris i serveis |
| Línia 29 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Motor porta principal |
| Línia 30 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | ACS |
| Línia 31 | 4x50 + 25 $mm^2$ Cu | Bateria de condensadors |

**Taula 2.12.** *Descripció de les línies del quadre general.*

## Subquadre Oficines

| | | |
|---|---|---|
| Línia 1.1 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Equips Oficina Tècnica + Sala de Reunions |
| Línia 1.2 | 2x4 + 4 $mm^2$ Cu | Equips Despatx + Oficina |
| Línia 1.3 | 2x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Preses de corrent Oficina Tècnica |
| Línia 1.4 | 2x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Preses de corrent Sala de Reunions i Rebedor |
| Línia 1.5 | 2x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Preses de corrent Despatx+Oficina+Servei |
| Línia 1.6 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat Oficina Tècnica + Sala de Reunions + Rebedor |
| Línia 1.7 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat Despatx + Oficina + Servei P1 |
| Línia 1.8 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Enllumenat d'emergència planta altell |
| Línia 1.9 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Bomba de calor coberta |
| Línia 1.10 | 2x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Unitats Interiors |

**Taula 2.13.** *Descripció de les línies del subquadre d'Oficines.*

## Subquadre Torns

| | | |
|---|---|---|
| Línia 2.1 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Torn |
| Línia 2.2 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Torn |
| Línia 2.3 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Torn |
| Línia 2.4 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Torn |
| Línia 2.5 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 1 preses de corrent |
| Línia 2.6 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 2 preses de corrent |

| | | |
|---|---|---|
| Línia 2.7 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 3 preses de corrent |

**Taula 2.14.** *Descripció de les línies del subquadre Torns.*

**Subquadre Soldadura**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 3.1 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Equip de Soldadura Elèctrica |
| Línia 3.2 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Equip de Soldadura Elèctrica |
| Línia 3.3 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Pont grua |
| Línia 3.4 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Extractor mural fums |
| Línia 3.5 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 1 preses de corrent |

**Taula 2.15.** *Resum de les línies del subquadre Soldadura.*

**Subquadre Màquines 1**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 4.1 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Tronçadora |
| Línia 4.2 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Serra |
| Línia 4.3 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Rectificadora |
| Línia 4.4 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Mola |
| Línia 4.5 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Mola |
| Línia 4.6 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Llimadora |
| Línia 4.7 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 1 preses de corrent |
| Línia 4.8 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 2 preses de corrent |

**Taula 2.16.** *Resum de les línies del subquadre Màquines 1.*

**Subquadre Màquines 2**

| | | |
|---|---|---|
| Línia 5.1 | 4x6 + 6 $mm^2$ Cu | Fresadora |
| Línia 5.2 | 4x6 + 6 $mm^2$ Cu | Fresadora |
| Línia 5.3 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Trepant |
| Línia 5.4 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Trepant |
| Línia 5.5 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Trepant |
| Línia 5.6 | 4x4 + 4 $mm^2$ Cu | Compressor |
| Línia 5.7 | 4x1,5 + 1,5 $mm^2$ Cu | Generador |
| Línia 5.8 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 1 preses de corrent |
| Línia 5.9 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 2 preses de corrent |
| Línia 5.10 | 4x2,5 + 2,5 $mm^2$ Cu | Quadre 3 preses de corrent |

**Taula 2.17.** *Resum de les línies del subquadre Màquines 2.*

# CAPÍTOL 3: IL·LUMINACIÓ

Aquest apartat recull tot el procés de selecció de làmpades i lluminàries, tant per la il·luminació interior de la nau industrial com per la zona exterior. Amb una correcte selecció de lluminàries i làmpades es pretén crear un nivell d'il·luminació que permeti treballar amb les condicions més òptimes, és a dir, adequat a l'ús que es requereix a l'espai determinat.

Per tant, es seleccionarà el tipus de làmpada i lluminària més adient per a cada zona del local, tenint en compte tot un seguit de factors a fi de garantir uns nivells de qualitat de treball i rendiment.

Les característiques que ha d'acomplir l'enllumenat interior són les següents:

- Subministrar el flux de llum adequat en cada zona per a que les condicions de treball siguin les més òptimes.
- Evitar els enlluernaments.
- Acomplir amb les condicions acordades pel Reial Decret 486/1997.
- Utilitzar làmpades que assegurin la distribució de colors.
- Escollir les lluminàries i làmpades ideals per a cada cas.

Les característiques que ha d'acomplir l'enllumenat exterior són les següents:

- Subministrar el flux de llum adequat i correcte en termes de visibilitat.
- Evitar els enlluernaments.
- Escollir les lluminàries i làmpades ideals per a cada cas.

Per calcular el nombre de lluminàries i làmpades necessari per a cada zona, s'ha utilitzat el mètode dels lúmens, la finalitat del qual és determinar el flux lluminós necessari per obtenir una il·luminació mitja desitjada en un pla de treball, aplicant-se en aquelles zones més amplies on la il·luminació és sensiblement uniforme.

# 3.1. Equips d'il·luminació

Els equips d'il·luminació instal·lats respondran a un mínim de condicions específiques. Per a la seva elecció, es tindran en compte tot una sèrie de paràmetres, com són el rendiment lumínic, el confort lumínic, que acompleixin amb les condicions tècniques i que la relació qualitat – preu sigui la més òptima.

Per tant, tant les làmpades com les lluminàries tenen associades una sèrie de característiques que s'han de tenir en compte per a la seva elecció. A continuació, se'n poden veure els trets més característics.

# 3.2. Característiques de les làmpades

Les làmpades són elements o dispositius protectors de llum. Poden ser de diversos tipus segons la forma de funcionament i obtenció de la llum. A l'hora d'escollir-les, s'ha tingut en compte els següents aspectes:

## *3.2.1. Potència*

La potència és la quantitat de treball (Energia Elèctrica) efectuat per unitat de temps que la làmpada consumeix per al seu treball. En el Sistema Internacional, es mesura en Watts (W).

## *3.2.2. Flux lluminós*

El flux lluminós és la mesura de la potència lluminosa rebuda, és a dir, la quantitat total de llum emesa per una font per unitat de temps. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el lumen (lm).

## *3.2.3. Eficiència lluminosa*

És la relació entre el flux lluminós emès per la lluminària i la potència de la làmpada. La seva unitat del Sistema Internacional és el lumen / watt (lm/W).

### *3.2.4. Rendiment del color*

El rendiment del color de les làmpades és una mesura de qualitat de reproducció dels colors. Es mesura a través de l'Índex de Rendiment del Color (IRC o Ra), que compara la reproducció d'una mostra normalitzada de colors il·luminada amb una làmpada amb la mateixa mostra il·luminada amb una font de llum de referència. Mentre més elevat sigui aquest valor, millor serà la reproducció del color, encara que a costa de "sacrificar" l'eficiència i consum energètic.

Així doncs, el rendiment del color queda definit per dos paràmetres. L'Índex de Rendiment del Color (IRC) i la temperatura del color, que venen identificats segons la Norma Europea per un codi de tres dígits que apareix al darrere de la potència en la nomenclatura de la làmpada.

El primer dígit fa referència a l'índex de reproducció cromàtica i indica el Ra de la làmpada. L'IRC, en canvi, s'obté com una nota resultant de comparar de 8 a 14 colors. La nota màxima és el 100, el qual ens indica que tots els colors es reprodueixen perfectament. En allunyar-se d'aquest 100, hi ha més dispersió de tots els colors. La qualificació en funció del Ra queda plasmada a la següent taula:

| ***Qualificació*** | ***Interval*** |
|---|---|
| Pobre | Ra < 60 |
| Bona | 60 < Ra < 80 |
| Molt Bona | 80 < Ra < 90 |
| Excel·lent | 90 < Ra < 100 |

**Taula 3.1.** *Qualificació del color de l'IRC.*

Els altres dos dígits pertanyen a la temperatura del color. Per a obtenir aquesta temperatura, s'ha de multiplicar la xifra per 100.

Segons la normativa DIN5035 per aplicacions generals d'il·luminació d'interior, la llum es divideix en tres categories de colors:

| ***Categoria*** | ***Interval*** |
|---|---|
| *Blanc càlid* | *(Tc < 3300) K* |
| *Blanc neutre* | *(3300 < Tc < 5000) K* |
| *Llum freda* | *(Tc > 5000) K* |

**Taula 3.2.** *Categories de la llum en intervals de color.*

### *3.2.5. Cost de la làmpada*

El cost és el valor econòmic de la làmpada. S'ha de mirar d'escollir la làmpada en termes de cost i qualitat, a fi de trobar la làmpada més adient en quant a la relació preu – qualitat.

### *3.2.6. Vida útil de la làmpada*

La vida útil de la làmpada és aquell període de temps des de que la làmpada està instal·lada i funciona d'una manera adequada fins que aquesta deixa de funcionar correctament.

## 3.3. Característiques de les lluminàries

Les lluminàries són aparells que serveixen de suport i connexió a la xarxa elèctrica als dispositius generadors de llum. Com que tot això no és suficientment eficient com per acomplir la seva funció, també cal que compleixin una sèrie de característiques òptiques, mecàniques i elèctriques.

A nivell òptic, les lluminàries són les encarregades del control i distribució de la llum emesa per la làmpada. Per tant, és important que en el disseny del sistema òptic es cuidi la forma i distribució de la llum, el rendiment lumínic del conjunt làmpada – lluminària i evitar possibles enlluernaments. Per tot això, els elements dels quals estan formats han de ser els més adequats possibles en funció de l'ambient i la zona en que hagin de treballar les lluminàries i mantenir la temperatura de la llum dins d'uns límits de funcionament.

### *3.3.1. Característiques òptiques*

És un tipus de forma de classificar les lluminàries segons el percentatge de flux lluminós emès per sobre i per sota del pla horitzontal que travessa la làmpada. És a dir, depenent de la quantitat de llum que il·lumini cap al sostre o al terra. Segons la següent classificació, se'n distingeixen fins a sis classes:

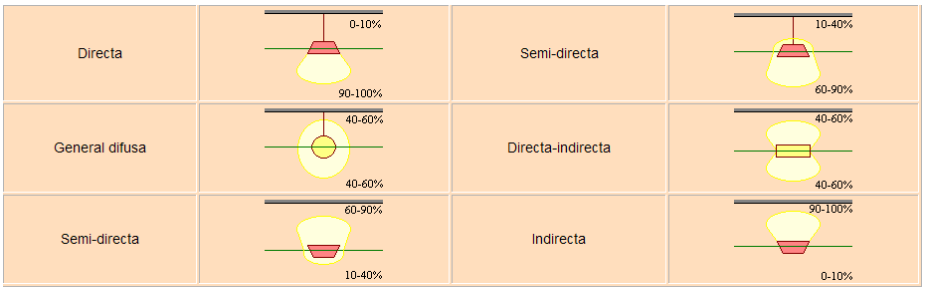


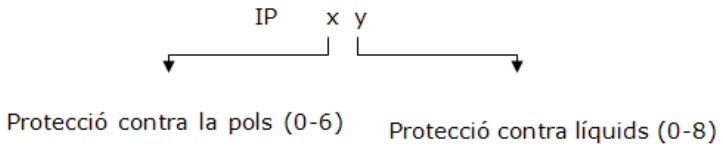

**Figura 3.1.** *Classificació de les lluminàries en funció de les característiques òptiques.*

També es pot fer un altre tipus de classificació, depenent del nombre de plans de simetria que tingui la lluminària. Així doncs, es pot arribar a tenir lluminàries amb una simetria de revolució que tinguin infinits plans de simetria i, per tant, se'n té prou amb un d'ells per conèixer el què passa a la resta de plans, amb dos plans de simetria (transversal i longitudinal) i amb un sol pla de simetria (longitudinal).

### *3.3.2. Característiques mecàniques*

La pols i la brutícia que es diposita sobre els elements òptics, amb el pas del temps, provoquen opacitat i pèrdua de reflexió. També la humitat juga un paper fonamental, ja que un nivell alt d'humitat obliga a utilitzar equips de protecció.

Per tot això, les lluminàries es classifiquen segons el grau que tinguin de protecció enfront la pols i els líquids. En aquestes classificacions, segons la norma UNE 20324, les lluminàries es designen amb les lletres IP seguides de dos dígits. El primer número, que va del 0 al 6, indica la protecció enfront la pols i altres partícules sòlides, i va de menor protecció a major (0 sense protecció, 6 major protecció). El segon número va del 0 al 8 i indica la protecció enfront la penetració de líquids.



### *3.3.3. Característiques elèctriques*

Segons el grau de protecció elèctrica que ofereixen les lluminàries, es divideixen en quatre classes (0, I, II i III):

| *Classe* | *Protecció Elèctrica* |
|---|---|
| 0 | Aïllament normal sense posta a terra |
| I | Aïllament normal i posta a terra |
| II | Doble aïllament sense posta a terra |
| III | Lluminàries per connectar a circuits de molt baixa tensió, sense altres circuits interns o externs que treballin a altres tensions diferents a la mencionada |

**Taula 3.3.** *Classificació de les lluminàries en funció de les característiques elèctriques.*

### *3.3.4. Altres característiques*

També es poden fer altres tipus de classificacions, segons l'aplicació a la que estigui destinada la lluminària. Entre els exemples més típics, hi ha l'enllumenat divers, enllumenat personal, projecció, industrial, comercial, oficines, domèstic, etc.

## 3.4. Classificació de les zones de la nau industrial

A l'hora de realitzar la il·luminació de la nau industrial en qüestió, s'ha fet una divisió en zones per tal d'assegurar un mínim de condicions perquè els treballs, ja siguin mecànics com administratius, es puguin desenvolupar de la forma més correcta possible.

Per tant, s'ha fet la següent classificació de la nau industrial:

- Zona del taller mecànic
- Zona de càrrega i descàrrega
- Zona d'oficines / vestidors
- Escala interior
- Zona exterior

### *3.4.1. Zona del taller mecànic*

La zona del taller mecànic aplega els 538 $m^2$ on es distribueix la maquinària, situada a la planta baixa de la nau *(consultar plànol 5 de distribució en zones)*.

Com que la disposició de la zona del taller mecànic és rectangular i els nivells lumínics són bastant exigents, s'ha catalogat la zona de treball mecànic, segons l'activitat i el tipus del local, amb un nivell d'il·luminació de 750 lúmens. Alhora, s'ha tingut en compte un factor de manteniment i/o conservació del local de 0,6 ja que al ser una indústria destinada a la fabricació de peces mecàniques, la zona de treball mecànic tindrà un alt grau de brutícia ambiental.

Tenint en compte aquest nivell d'il·luminació i per tal d'aconseguir una il·luminació correcte, s'han escollit les làmpades i lluminàries més adients d'acord amb les característiques anteriorment esmentades i les mesures del local.

- *Elecció de la lluminària*

Per escollir la lluminària, s'ha fet una selecció en termes econòmics i de criteris tècnics, de manera que el resultat fos el més òptim possible. També s'ha tingut en compte que fos una lluminària compatible amb els models de bombetes més comunes del mercat.

Atenent a tot això, la lluminària escollida per la zona de treball mecànic de la nau és la *Industry ISR – CVT 400 d'Indalux*.

**Figura 3.2.** *Lluminària Industry ISR – CVT d'Indalux.*

Les característiques tècniques de la lluminària *Industry ISR – CVT d'Indalux* són les següents:

| **Característiques tècniques de la lluminària *INDUSTRY ISR - CVT*** | |
|---|---|
| Material reflector | Alumini |
| Codi IP | IP65 |
| Classe elèctrica | Classe I |
| Potència de les làmpades | 150, 250 o 400 W |
| Tipus de làmpades | Vapor de sodi, vapor de mercuri, halogenurs |
| Tipus de rosca | E40 |

**Taula 3.4.** *Característiques tècniques de la lluminària Industry ISR – CVT d'Indalux.*

Observant el codi IPC, es pot veure que aquesta lluminària va molt bé per a industries on l'índex de pols i brutícia és elevat. És una lluminària molt adient per la zona de treball mecànic de la nau industrial objecte del treball. També ofereix un ampli ventall de compatibilitat amb làmpades de vapor de sodi, vapor de mercuri i halogenurs, amb una potència de 150, 250 i 400 W. A més, és un tipus de lluminària que es comercialitza molt en indústries.

- *Elecció de la làmpada*

S'ha escollit el tipus de làmpada més adient en termes econòmics i de potència, per tal de fer mínim el consum elèctric de la nau industrial. S'han tingut en compte els criteris tècnics i s'ha assegurat que la relació preu – consum fos el més òptim possible.

Per tant, per a la zona del taller mecànic de la nau industrial, s'ha escollit la làmpada *Master HPI Plus 400W/767 E40 BU 1SL* d'halogenurs metàl·lics de la marca *Philips*. Aquesta làmpada ha estat, tant en termes de potència com en termes econòmics, la més adient.

**Figura 3.3.** *Làmpada Master HPI Plus 400W/767 E40 BU 1SL de la marca Philips.*

Les característiques tècniques de la làmpada *Master HPI Plus 400W/767 E40 BU 1 SL* de la marca *Philips* són les següents:

| **Característiques de la làmpada *Master HPI Plus 400W/767 E40 BU 1 SL*** | |
|---|---|
| Potència | 400 W |
| IRC | 70 (Bo) |
| Temperatura del color | 6700 K |
| Designació del color | Llum dia |
| Flux lluminós | 32500 lm |
| Eficiència lluminosa | 81 lm/W |
| Vida útil | 10000 h |
| Tensió de funcionament | 128 V |
| Tensió d'arrencada | 198 V |
| Posició de funcionament | h15 |
| Tipus de rosca | E40 |

**Taula 3.5.** *Característiques tècniques de la làmpada Master HPI Plus 400W/767 E40 BU 1 SL.*

Observant les característiques de la làmpada escollida, es pot veure que té una bona eficiència lluminosa i compleix amb el requisit de ser compatible

amb la lluminària escollida. Entre totes les làmpades possibles, s'ha escollit aquesta perquè era la que presentava més bones condicions en termes de potència instal·lada, cost i rendiment.

- *Càlcul dels punts de llum*

S'ha utilitzat el denominat mètode dels lúmens per a determinar i calcular el nombre de punts de llum necessaris i la seva situació. L'explicació d'aquest mètode, es pot trobar a l'apartat annex 2 referent a la il·luminació.

Es preveu una potència total de 13200W per a la zona del taller mecànic pel que fa a la il·luminació. Els 13200W queden repartits en 33 punts de llum amb una distribució d'11 x 3. A l'annex, es poden trobar els càlculs, mètodes i criteris adoptats a l'hora en el càlcul de l'enllumenat.

A la següent taula, es poden veure els resultats pràctics després d'aplicar el mètode dels lúmens i d'escollir les mesures més òptimes:

| ***Punts de llum de la zona del taller mecànic*** | |
|---|---|
| Tipus de làmpada | MASTER HPI Plus 400W/767 E40 BU 1 SL |
| Distància de separació amplada | 4.27 m |
| Distància de separació allargada | 3.82 m |
| Punts de llum de la zona | 33 |
| Potència il·luminació de la zona | 13200W |

**Taula 3.6.** *Resultats de la il·luminació de la zona del taller mecànic.*

Les làmpades es connectaran de forma alternada entre les tres fases elèctriques per tal d'evitar l'efecte estroboscòpic.

L'efecte estroboscòpic es produeix quan el motor de les màquines gira a freqüències múltiples de la freqüència de les làmpades produint un efecte òptic que fa que sembli que les màquines estan parades quan realment estan en funcionament, amb un alt risc d'accident.

Seguint amb la normativa, les lluminàries es connectaran de forma alterna entre les tres fases elèctriques. Connectades així, s'evita que les llums oscil·lin de manera simultània i per tant, s'impedeix aquest efecte indesitjat.

### *3.4.2. Zona de càrrega i descàrrega*

La zona de càrrega i descàrrega està situada a l'entrada de la nau i reuneix 110 $m^2$. És un espai on els camions poden entrar, fins la porta corredora de la zona del taller mecànic, per carregar i descarregar el material que es cregui convenient. També és considerada una zona de pas, ja que està situada justament a l'entrada de la nau i al costat de la porta on els treballadors poden accedir tant a les oficines com a la zona del taller mecànic *(consultar plànol 5 de distribució en zones)*.

La disposició de la zona és rectangular i s'ha estimat un nivell d'il·luminació de 150 lúmens, ja que és una zona de pas. S'ha aplicat també un factor de manteniment i/o conservació del local de 0,6 ja que al ser una zona de càrrega i descàrrega, s'ha considerat com una zona "bruta" a l'hora de fer els càlculs previstos.

Tenint en compte tota la informació anteriorment esmentada, s'han escollit les làmpades i lluminàries més adients.

- *Elecció de la lluminària*

Com s'ha dit en anterioritat, per a escollir la lluminària s'ha fet una selecció amb la finalitat de que el resultat fos el més òptim possible. També s'ha tingut en compte que fos una lluminària compatible amb els models de bombetes més comunes del mercat.

Finalment, la lluminària escollida per la zona de càrrega i descàrrega de la nau és la *Industry ISR – CVT 250 d'Indalux*.

Al tractar-se de la mateixa lluminària però de diferent potència que la utilitzada a la zona de treball mecànic, la forma i les característiques d'aquesta es poden veure a la figura 3.2 i taula 3.4.

- *Elecció de la làmpada*

Per a escollir la làmpada més adient, s'ha fet una avaluació en termes econòmics i de potència, per tal de fer mínim el consum elèctric de la nau industrial. Després de tenir en compte tota una sèrie de criteris tècnics i assegurar-se que la relació preu – consum fos la més òptima possible, s'ha escollit la làmpada *Master HPI Plus 250W/767 E40 BU 1 SL*, de la marca *Philips*.

Les característiques tècniques de la làmpada *Master HPI Plus 250W/767 E40 BU 1 SL* de la marca *Philips* són les següents:

| **Característiques de la làmpada *Master HPI Plus 250W/767 E40 BU 1 SL*** | |
|---|---|
| Potència | 250 W |
| IRC | 70 (Bo) |
| Temperatura del color | 6700 K |
| Designació del color | Llum dia |
| Flux lluminós | 18000 lm |
| Eficiència lluminosa | 72 lm/W |
| Vida útil | 10000 h |
| Tensió de funcionament | 128 V |
| Tensió d'arrencada | 198 V |
| Posició de funcionament | h15 |
| Tipus de rosca | E40 |

**Taula 3.7.** *Característiques tècniques de la làmpada Master HPI Plus 250W/767 E40 BU 1 SL.*

- *Càlcul dels punts de llum*

Després d'aplicar el mètode dels lúmens per a determinar i calcular el nombre de punts de llum necessaris i la seva situació, es preveu una potència total de 750W per a la zona de càrrega i descàrrega pel que fa a la il·luminació. Els 750W queden repartits en 3 punts de llum amb una distribució de 3 x 1. A l'annex, es poden trobar els càlculs, mètodes i criteris adoptats a l'hora en el càlcul de l'enllumenat.

| ***Punts de llum de la zona de càrrega i descàrrega*** | |
|---|---|
| Tipus de làmpada | MASTER HPI Plus 250W/767 E40 BU 1 SL |
| Distància de separació amplada | 6.2 m |

| | |
|---|---|
| Distància de separació allargada | 5.92 m |
| Punts de llum de la zona | 3 |
| Potència il·luminació de la zona | 750W |

**Taula 3.8.** *Resultats de la il·luminació de la zona de càrrega i descàrrega.*

### *3.4.3. Zona d'oficines / vestidors*

A la zona d'oficines / vestidors s'hi pot trobar tota aquella zona interior que no pertany ni a la zona del taller mecànic (fabricació) ni a la zona de càrrega i descàrrega.

Per tant, tota aquesta zona recull les següents sales i despatxos:

- Oficina Tècnica
- Sala de reunions
- Rebedor
- Oficina
- Servei P1
- Despatx
- Vestíbul / Recepció
- Menjador Office
- Vestuaris
- Magatzem i recanvis
- Cambra del compressor

A continuació, com que aquestes sales estan destinades a diferents activitats, s'ha fet una classificació en funció del seu nivell d'il·luminació:

| Sala | Nivell d'il·luminància E (lux) |
|---|---|
| Oficina | 750 |
| Sala de reunions | 500 |
| Rebedor | 100 |
| Oficina | 500 |
| Servei P1 | 150 |
| Despatx | 500 |

| | |
|---|---|
| Vestíbul / Recepció | 500 |
| Menjador Office | 150 |
| Vestuaris | 150 |
| Magatzem i recanvis | 150 |
| Cambra del compressor | 300 |

**Taula 3.9.** *Classificació de les zona d'oficines / vestidors en funció del nivell d'il·luminància.*

Per assolir aquests nivells d'il·luminació, s'escolliran les làmpades i lluminàries que es considerin més adients seguint els criteris prèviament fixats.

- *Elecció de la lluminària*

Per a escollir la lluminària, s'ha fet una selecció amb la finalitat de que el resultat fos el més òptim possible. També s'ha tingut en compte que fos una lluminària compatible amb els models de fluorescents més comuns del mercat.

S'ha triat per les lluminàries fluorescents i no per altres lluminàries amb un rendiment lumínic més gran per tal d'evitar els enlluernaments degut a la poca alçada de les sales (2,65 metres) i la poca superfície.

Després de fer una comparació i triar-ne la que més bé s'ajustava a totes aquestes condicions, la lluminària escollida per les sales de la zona d'oficines / vestidors ha estat la *201 – IXC – K* pels fluorescents de 18W i la *401 – IXC – K* pels fluorescents de 36W, ambdues de la marca *Indalux*.

**Figura 3.4.** *Lluminària 201 – IXC – K i 401 – IXC – K de la marca Indalux.*

Les característiques tècniques de la present lluminària són les següents:

| Característiques de les lluminàries 201-IXC-K i 401-IXC-K d'Indalux | | |
|---|---|---|
| Tipus de lluminària | 201 – IXC – K | 401 – IXC – K |
| Material reflector | Acer pintat de color blanc | Acer pintat de color blanc |
| Codi IP | IP 65 | IP 65 |
| Classe elèctrica | Classe I | Classe I |
| Potència de les làmpades | 18 W | 36 W |
| Tipus de làmpades | Fluorescent TL (lineals) | Fluorescent TL (lineals) |
| Tipus de casc | G13 | G13 |

**Taula 3.10.** *Característiques de les lluminàries 201-IXC-K i 401-IXC-K de la marca Indalux.*

Observant el seu codi IP, es pot veure que aquestes lluminàries ofereixen molt bona protecció contra la brutícia i la pols. Aquesta condició a la zona d'oficines / vestidors no és del tot exigent, ja que l'índex de brutícia no és ni molt menys, tant elevat com és a la zona de treball mecànic. Per altra banda, gràcies a això es té una millor conservació de la lluminària. També té una gran protecció ja que està posada a terra. En relació qualitat – preu i a l'oferir una àmplia gamma, aquesta lluminària és de les més ideals que es poden escollir.

- *Elecció de la làmpada*

S'ha escollit el tipus de làmpada més adient en termes econòmics i de potència, per tal de fer mínim el consum elèctric de la nau industrial. S'han tingut en compte els criteris tècnics i s'ha assegurat que la relació preu – consum fos el més òptim possible.

Per tant, després de fer una àmplia selecció en la qual s'han estudiat diferents tipus de fluorescents (TL5, TLM, TLS, etc.) la làmpada escollida per les sales de la zona d'oficines / vestidors ha estat el *MASTER TL-D Super 80 18W/865* per la lluminària *201 – IXC – K* i el *MASTER TL-D Super 80 36W/865* per la lluminària *401 – IXC – K*, ambdós fluorescents de la marca *Philips*.

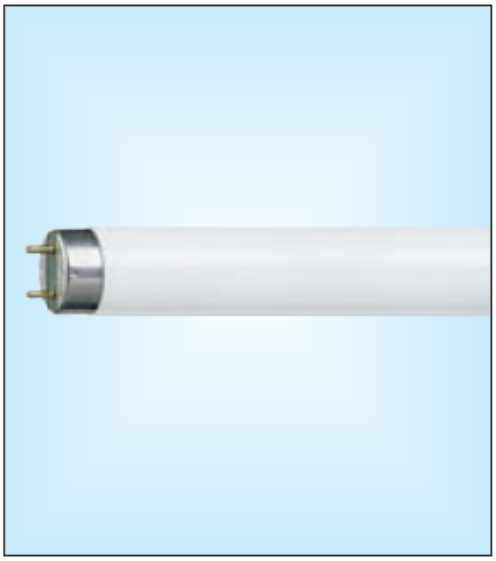


**Figura 3.5.** *Fluorescent MASTER TL-D Super 80 18 i 36W/865 de la marca Philips.*

Les característiques tècniques d'aquesta làmpada es mostren a continuació:

| Característiques de la làmpada MASTER TL-D Super 80 18 i 36W/865 Philips | |
|---|---|
| Potència | 18 W – 36 W |
| IRC | > 80 |
| Temperatura del color | 6500 K |
| Designació del color | Llum del dia |
| Flux lluminós | 1300 lm – 3250 lm |
| Eficiència lluminosa | 72 lm/W – 90 lm/W |
| Vida útil | 12000 h |
| Classe energètica | A |
| Tipus de casc | G13 |

**Taula 3.11.** *Característiques de les làmpades MASTER TL-D Super 80 de 18 i 36W/865 de la marca Philips.*

Observant les característiques de la làmpada escollida, es pot veure que ofereix una bona eficiència lluminosa i compleix amb el requisit de ser compatible amb la lluminària escollida. Entre totes les làmpades possibles d'una amplia gamma, s'ha escollit aquesta perquè era la que presentava més bones condicions en termes de potència instal·lada, cost i rendiment.

- *Càlcul dels punts de llum*

Com s'ha anat fent en apartats anteriors, per calcular la quantitat total de punts de llum i la seva situació, s'ha utilitzat el mètode dels lúmens el qual està explicat a l'apartat annex 2 referent a la il·luminació.

La zona d'oficines / vestidors engloba diferents sales que s'han numerat en anterioritat, en el capítol 3.4.3. Aquestes sales, tenen un nivell d'il·luminància diferent d'acord amb el tipus d'activitat que s'hi realitza.

L'emplaçament i la distribució de les lluminàries es pot veure al plànol 5 referent a la il·luminació.

Els resultats finals després d'aplicar el mètode dels lúmens queden recollits a la següent taula:

| *Resum de la il·luminació de la zona d'oficines / vestidors* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sala | Fluorescent | Distància amplada | Distància allargada | Punts de llum | Potència |
| Oficina Tècnica | 36 W | 1.63 m | 2 m | 12 | 432 W |
| Sala de Reunions | 18 W | 1.17 m | 1.55 m | 6 | 108 W |
| Rebedor | 18 W | 2.9 m | 2.88 m | 2 | 36 W |
| Oficina | 36 W | 1.9 m | 1.97 m | 6 | 216 W |
| Servei P1 | 18 W | 1.2 m | 2.5 m | 1 | 36 W |
| Despatx-1 | 36 W | 1.3 m | 2.6 m | 1 | 36 W |
| Despatx-2 | 36 W | 2.6 m | 1.65 m | 2 | 72 W |
| Vestíbul / Recepció | 18 W | 2.17 m | 0.97 m | 9 | 162 W |
| Menjador Office | 18 W | 1.5 m | 1.6 m | 4 | 72 W |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vestuaris | 18 W | 2.45 | 2.05 | 4 | 72 W |
| Serveis dels vestuaris | 18 W | 1.6 m | 1.6 m | 4 | 72 W |
| Magatzem i Recanvis | 18 W | 2.2 m | 2.88 m | 6 | 108 W |
| Cambra del compressor | 18 W | 1.75 m | 1.92 m | 6 | 108 W |
| | | | | **TOTAL** | **1512 W** |

**Taula 3.12.** *Taula – resum dels resultats de la il·luminació de la zona d'oficines / vestidors.*

Com es pot veure a la taula 3.12, la previsió de potència en quan a la il·luminació de la zona d'oficines / vestidors és de 1404 W i, contant la cambra del compressor que està situada al costat del pati exterior, 1512 W. Cal afegir, que s'ha fet una subdivisió del despatx de la planta 1 en dos, degut a la forma irregular del despatx (no era rectangular) se l'ha separat en dos i s'han fet els respectius càlculs com si es tractessin de dues sales. El mateix ha passat amb els vestuaris, s'ha separat la zona dels serveis dels vestuaris de les dutxes i les taquilles.

### *3.4.4. Escala interior*

L'escala interior de la nau industrial és l'únic punt d'accés a la planta altell on es troben les oficines i despatxos corresponents a la part administrativa. La planta altell està situada a 2,65 metres de la planta baixa.

La il·luminació de l'escala, doncs, es farà amb tres làmpades halògenes, que contindran bombetes de 50W, de la marca i tipus *Philips Dicroicas Brilliantline ø 50 mm.*

Les característiques tècniques d'aquesta làmpada es mostren a continuació:

| **Característiques de la làmpada Philips Dicroicas Brilliantline *ø 50 mm*** | |
|---|---|
| Potència lluminàries | 20, 35 i 50 W |
| IRC | 100 |
| Temperatura del color | 3000 K |

| | |
|---|---|
| Designació del color | Llum del dia |
| Vida útil | 4000 h |
| Tipus de casc | GU5.3 |

**Taula 3.13.** *Característiques de les làmpades Philips Dicroicas Brilliantline de 50 mm.*

### *3.4.5. Il·luminació exterior*

La zona exterior aplega tota la zona de la parcel·la que no ocupa la nau industrial en qüestió però forma par del recinte. La zona exterior està formada pel pati (passadís exterior), per l'altre pati i aparcament i l'accés principal per entrar a la nau industrial. Tot plegat fa poc més de 400 $m^2$.

Segons la llei 6/2001 del 31 de maig, que regula l'ordenació ambiental de la il·luminació per a la protecció del medi ambient de nit, la parcel·la està qualificada com a zona E4. La present llei cataloga les zones E4 com "àrees de sòl urbà d'ús intensiu".

Al catalogar-se la zona com a E4, la llei obliga a plantejar una sèrie de premisses depenent de l'activitat que s'hi desenvolupa. Els paràmetres més importants i que s'han de tenir en compte són els següents:

- Es faran servir làmpades de vapor de sodi, preferentment.
- El flux de l'hemisferi superior de la lluminària serà, com a màxim, del 25%.
- El valor màxim permès d'enlluernament pertorbador serà del 15%.
- La il·luminació residual o sobrant (intrusa) que envaeix un indret que no li correspon ha de ser inferior a 10 lux en horari nocturn.

Com que a l'exterior hi pot haver una circulació de persones o de vehicles, s'ha considerat que el nivell d'il·luminació més adient sigui de 15 lux. Per tal d'assolir aquest nivell d'il·luminació, s'escolliran les làmpades i lluminàries més adients per il·luminar la zona exterior seguint amb els criteris prèviament fixats.

- *Elecció de la lluminària*

Com s'ha dit en anterioritat, per a escollir la lluminària, s'ha fet una selecció amb la finalitat de que el resultat fos el més òptim possible. També s'ha tingut en compte que el flux de l'hemisferi superior fos el més baix possible

i que fos compatible amb les làmpades de vapor de sodi, tal com preveu la llei 6/2001.

Després de fer una selecció adient i comparant-la amb altres models i marques, la lluminària escollida per a la il·luminació exterior de la nau ha estat la "IVA1 – VS" de la marca "Indalux".

**Figura 3.6.** *Lluminària IVA1 – VS d'Indalux.*

Les característiques tècniques de la lluminària es detallen a continuació:

| **Característiques tècniques de la lluminària *IVA1 – VS d'Indalux*** | |
|---|---|
| Codi IP | IP65 |
| Classe elèctrica | Classe I |
| Potència de les làmpades | 100 i 150 W |
| Tipus de làmpades | Vapor de sodi d'alta pressió |
| Tipus de rosca | E40 |
| Flux hemisferi superior | 0% |

**Taula 3.14.** *Característiques de la lluminària IVA1 – VS d'Indalux.*

Observant les seves característiques tècniques, es pot veure que aquesta lluminària ofereix una gran protecció tant contra els materials sòlids i la pols com per la penetració dels líquids, requisit indispensable ja que al trobar-se a l'intempèrie està exposada a qualsevol situació. A part de tot això, té una bona protecció elèctrica i el flux de l'hemisferi superior és 0.

- *Elecció de la làmpada*

Per a escollir la làmpada en qüestió, s'ha fet una selecció amb la finalitat de que el resultat fos el més òptim possible. També s'ha tingut en compte que el flux de l'hemisferi superior fos el més baix possible i que fos compatible amb les làmpades de vapor de sodi, tal com preveu la llei 6/2001.

Tenint en compte tot això, s'ha escollit una làmpada de vapor de mercuri d'altra pressió, del tipus "MASTER SON-T PIA Hg-Free 100W/221 E40 1SL" de la marca "Philips".

**Figura 3.7.** *Làmpada "Master SON-T PIA Hg-Free 100W/221 E40 1 SL" de la marca Philips.*

Les característiques tècniques de la làmpada es detallen a continuació:

| **Característiques de la làmpada Philips *Master SON-T PIA Hg-Free 100W/221 E40 1 SL*** | |
|---|---|
| Potència | 100 W |
| IRC | 25 (Pobre) |
| Temperatura del color | 2150 K |
| Flux lluminós | 9000 lm |
| Eficiència lluminosa | 90 lm/W |
| Vida útil | 20000 h |
| Tensió de funcionament | 98 V |
| Tensió d'arrencada | 198 V |
| Tipus de rosca | E40 |

**Taula 3.15.** *Característiques de la làmpada Master SON-T PIA Hg-Free 100W/221 E40 1 SL de la marca Philips.*

Aquestes làmpades són compatibles amb la lluminària escollida, ofereixen bones condicions d'eficiència lumínica i minimitzen tan com és possible els enlluernaments pertorbadors. També compleixen amb tot el que marca la Llei 6/2001.

- *Càlcul dels punts de llum*

Per calcular els punts de llum necessaris i el seu emplaçament, s'ha utilitzat el mètode del factor d'utilització. A part d'aquest mètode i per calcular els possibles enlluernaments i la il·luminació intrusa, s'ha utilitzat l'anomentat mètode dels nou punts. Ambdós mètodes estan explicats a l'annex 2 d'il·luminació del present projecte.

Els resultats després d'aplicar els mètodes anteriorment esmentats per trobar la quantitat de lluminàries i distància de col·locació queden representats a la següent taula (3.16):

| ***Punts de llum pati (porta sud)*** | |
|---|---|
| Col·locació lluminària | Al costat de la porta |
| Punts de llum | 1 |
| Potència | 100 W |
| ***Punts de llum pati*** | |
| Distància de separació | 29,5 metres |
| Punts de llum | 3 |
| Potència | 300 W |
| ***Punts de llum pati – aparcament*** | |
| Col·locació lluminària | Al costat de la porta principal |
| Punts de llum | 1 |
| Potència | 200 W |
| **TOTAL ZONA EXTERIOR** | |
| Alçada de col·locació de les lluminàries | 5,6 metres |
| Punts de llum totals | 5 |
| Potència total | 500 W |
| Punt d'enlluernament pertorbador màxim | 14,76% |

**Taula 3.16.** *Taula – resum de la il·luminació exterior*

Com es pot observar, el nombre total de punts de llum és de cinc. Tres estaran repartits al passadís corresponent al pati exterior, un es situarà al costat de la porta d'entrada principal i el restant, al costat de la porta que comunica amb el pati exterior (cara sud). Es pot veure també, que el punt d'enlluernament pertorbador màxim no arriba al 15% que és el màxim permès. Tots els càlculs i els mètodes utilitzats, es poden trobar a l'annex d'il·luminació del present projecte. La il·luminació intrusa no s'ha calculat ja que la nau en qüestió es troba en un polígon industrial lluny de la massa forestal, garantint de sobres la condició de que aquesta sigui inferior a 10 lux.

# CAPÍTOL 4: INSTAL·LACIÓ CONTRA INCENDIS

La instal·lació contra incendis de la nau industrial es realitzarà seguint el Reglament de Seguretat contra incendis en els establiments industrials (RSCIEI) aprovat pel Reial Decret 2267/2004 del 3 de desembre de l'any 2004. L'objectiu principal del present document és el d'aconseguir un grau suficient de seguretat en cas d'incendi, tot establint i definint els requisits que han de satisfer i les condicions que s'han de seguir per a prevenir la seva aparició a fi de donar una resposta adequada en cas de produir-se. Limitar la seva propagació i possibilitar la seva extinció, a fi d'anul·lar o reduir els danys i/o les pèrdues que l'incendi pugui produir a persones o béns. Paral·lelament a l'aplicació del RSCIEI, s'aplicarà també el Codi Tècnic de l'Edificació "Seguretat en cas d'Incendi" quan el RSCIEI ho indiqui.

## 4.1. Caracterització de l'establiment industrial

La configuració de la nau industrial queda definida a l'annex I del RSCIEI on es fa una valoració sobre les característiques de l'establiment industrial segons la seva configuració i ubicació en relació a l'entorn. Així doncs, la nau industrial en qüestió queda definida com a **tipus B**. "L'establiment industrial ocupa totalment un edifici que està adossat a un altre o altres edificis, o a una distància igual o inferior a tres metres d'un altre o d'uns altres edificis, d'un altre establiment, ja sigui d'ús industrial o d'altres usos". S'ha tingut en compte que la nau industrial objecte del treball està adossada a una altre indústria a la cara oest. Per tant, queda classificada en la present categoria.

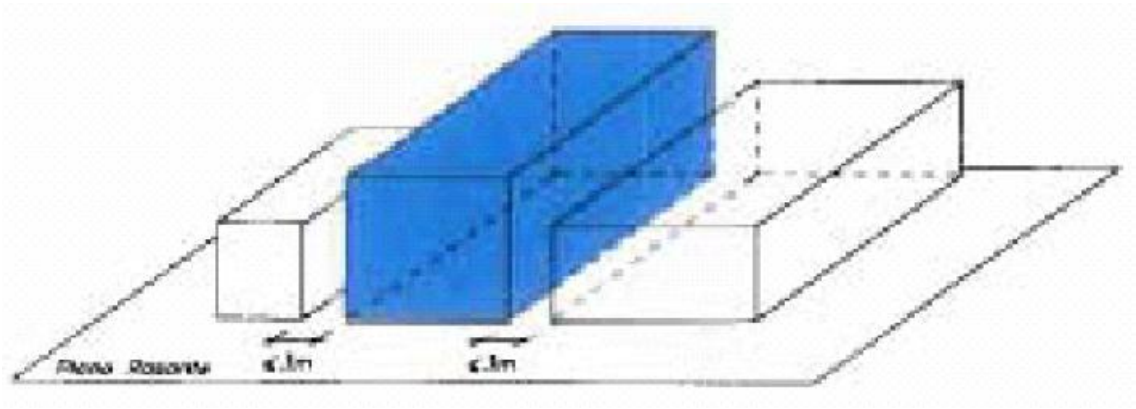


**Figura 4.1.** *Classificació de la nau industrial segons el RSCIEI (tipus B)*

# 4.2. Classificació de la nau en activitats

A la nau industrial coexisteixen activitats de producció totalment diferents. L'activitat administrativa, que es duu a terme a les oficines situades a la planta altell i l'activitat industrial de fabricació de peces mecàniques, situada a la zona de taller mecànic de la planta baixa de la nau.

Cal dir que tant els vestuaris com el menjador office i el vestíbul i recepció situats a la planta baixa, han quedat classificats a la zona d'activitat administrativa. La zona de càrrega i descàrrega, per altre banda, ha quedat englobada dins de la zona del taller mecànic. Com que la zona administrativa de la nau industrial no supera els 250 $m^2$, no conformarà un sector diferent i estarà regit pel mateix reglament (RSCIEI) que la zona de taller mecànic.

A part d'aquestes dues activitats de producció anteriorment descrites, s'ha de tenir en compte que al costat del taller mecànic s'hi desenvolupa l'emmagatzematge de peces i recanvis, on es dipositen les peces acabades i els recanvis en prestatges ordenades.

Seguint amb totes aquestes premisses, la nau industrial quedarà estructurada com un únic sector amb tres activitats. Es pot veure resumit a la taula 4.1 de la següent forma:

| ACTIVITATS DEL SECTOR | SUPERFÍCIE ($m^2$) |
|---|---|
| **Taller mecànic** | 648 |
| **Oficina Tècnica** | 198 |
| **Automòbils. Magatzem d'accessoris** | 40,8 |

**Taula 4.1.** *Classificació de les activitats de la nau industrial.*

Per tant, cada una d'aquestes zones tindrà les seves característiques i, a l'hora de fer els càlculs previstos, es consideraran com a tres activitats diferents dins d'un mateix sector.

# 4.3. Nivell de risc intrínsec

El nivell de risc intrínsec de cada sector o àrea es pot evaluar en funció dels materials combustibles utilitzats, calculant la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida de la següent forma:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left( {}^{MJ}/_{m^2} \ o \ {}^{Mcal}/_{m^2} \right) \qquad (4.1)$$

On:

- Qs = Densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, del sector o àrea d'incendi, en MJ/m$^2$ o Mcal/m$^2$.
- Gi = Massa, en Kg, de cada un dels combustibles (i) que existeixen al sector o àrea d'incendi (inclosos els materials constructius combustibles).
- qi = Poder calorífic, en MJ/Kg o Mcal/Kg, de cadascun dels combustibles (i) que existeixen al sector d'incendi.
- Ci = Coeficient adimensional que pondera el grau de perillositat (per la combustibilitat) de cadascun dels combustibles (i) que existeixen al sector d'incendi.
- Ra = Coeficient adimensional que corregeix el grau de perillositat (per l'activació) inherent a l'activitat industrial que es desenvolupa al sector d'incendi, producció, muntatge, transformació, reparació, emmagatzematge, etc.
- A = Superfície construïda del sector d'incendi o superfície ocupada de l'àrea d'incendi, en m$^2$.

Com a alternativa a la fórmula 4.1, es pot calcular també la densitat de càrrega de foc (Qs), ponderada i corregida, del sector d'incendi en funció de les activitats que es duguin a terme aplicant les següents fórmules:

- Per a activitats de producció, transformació, reparació o qualsevol activitat que no sigui d'emmagatzematge:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left( {}^{MJ}/_{m^2} \ o \ {}^{Mcal}/_{m^2} \right) \qquad (4.2)$$

- Per a activitats d'emmagatzematge:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a \left( {}^{MJ}/_{m^2} \ o \ {}^{Mcal}/_{m^2} \right) \qquad (4.3)$$

On:

- qsi = densitat de càrrega de foc de cada zona amb un procés diferent segons en els diferents processos que es realitzin al sector d'incendi (i), en MJ/m$^2$ o Mcal/m$^2$.
- Si = Superfície de cada zona amb un procés diferent i densitat de càrrega de foc, qsi diferent, en m$^2$.
- qvi = càrrega de foc, aportada per cada m$^3$ de cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi, en MJ/m$^3$ o Mcal/m$^3$.
- hi = altura d'emmagatzematge de cadascun dels combustibles (i), en m.
- si = superfície ocupada en planta per cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi en m$^2$.

*Els valors Qs, Ci, Ra i A tenen el mateix significat que a la fórmula 4.1.*

En el cas que en un mateix sector coexisteixin zones d'emmagatzematge amb zones de producció, per a calcular la densitat de càrrega de foc (Qs), ponderada i corregida, del sector d'incendi, es pot aplicar la fórmula 4.1 o una combinació de les fórmules 4.2 i 4.3 que s'expressa a continuació:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i + \sum_l^i q_{vj} \cdot C_j \cdot h_j \cdot S_j}{A} \cdot R_a \qquad (4.4)$$

També es pot calcular el nivell de risc intrínsec d'un edifici en general o un conjunt de sectors i/o àrees d'incendi d'un establiment industrial mitjançant la següent expressió, que calcula la densitat de càrrega de foc, corregida i ponderada, d'un edifici industrial:

$$Q_e = \frac{\sum_l^i Q_{si} \cdot A_i}{\sum_l^i Ai} \left( {}^{MJ}/_{m^2} \ o \ {}^{Mcal}/_{m^2} \right) \qquad (4.5)$$

On:

- Qe = densitat de càrrega de foc, corregida i ponderada, de l'edifici industrial, en MJ/m$^2$ o Mcal/m$^2$.
- Qsi = densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, de cadascun dels sectors o àrees d'incendi (i), que composen l'edifici industrial, en MJ/m$^2$ o Mcal/m$^2$.
- Ai = Superfície construïda de cadascun dels sectors o àrees d'incendi (i), que composen l'edifici industrial, en m$^2$.

# 4.4. Càlcul de la càrrega de foc

En el present cas, s'ha calculat el nivell de risc intrínsec de la nau industrial en funció de les activitats que es duen a terme. S'ha utilitzat la fórmula 4.4 per a calcular la densitat de càrrega de foc de la nau industrial ja que, com s'ha dit abans, a l'establiment s'hi desenvolupen les activitats de taller mecànic i d'emmagatzematge de peces a la planta baixa, i l'activitat d'oficina tècnica a la planta altell.

A les següents taules (4.2 4.3 i 4.4), es poden veure les característiques de les activitats esmentades, obtingudes gràcies a la taula 1.2 del Reglament de Seguretat Contra Incendis en Establiments industrials:

| Activitat de producció | Fabricació i venta | | |
|---|---|---|---|
| | Qs | | Ra |
| | $MJ/m^2$ | $Mcal/m^2$ | |
| Taller mecànic | 200 | 48 | 1 |

**Taula 4.2.** *Característiques del taller mecànic corresponent al sector 1.*

| Activitat d'emmagatzematge | Emmagatzematge | | |
|---|---|---|---|
| | Qv | | Ra |
| | $MJ/m^3$ | $Mcal/m^3$ | |
| Automòbils, magatzem d'accessoris | 800 | 192 | 1,5 |

**Taula 4.3.** *Característiques del magatzem d'accessoris corresponent al sector 1.*

| Activitat de producció | Fabricació i venta | | |
|---|---|---|---|
| | Qs | | Ra |
| | $MJ/m^3$ | $Mcal/m^3$ | |
| Oficines Tècniques | 600 | 144 | 1 |

**Taula 4.4.** *Característiques de les oficines corresponents al sector 2.*

A partir d'aquests valors i utilitzant la fórmula 4.4, s'ha calculat la càrrega de foc ponderada i corregida de l'establiment en general. A la següent taula (4.5) s'han establert els resultats:

| ***Sector*** | | ***Superfície ($m^2$)*** | ***Densitat de càrrega de foc (Qs)*** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $MJ/m^2$ | $Kcal/m^2$ |
| **1** | *Establiment industrial* | 908,6 | 518,54 | 124,45 |

**Taula 4.5.** *Càrrega de foc (Qs) de l'establiment industrial*

Calculada la densitat de càrrega de foc de l'establiment industrial i observant la taula 4.6, que es pot trobar a l'annex I del Reglament de Seguretat Contra Incendis en Establiments Industrials (RSCIEI), es pot veure que aquests 518,54 $MJ/m^2$ entren dins de la categoria de "nivell de risc intrínsec baix 2".

| NIVELL DE RISC INTRÍNSEC | | DENSITAT DE CÀRREGA DE FOC PONDERADA I CORREGIDA | |
|---|---|---|---|
| | | Mcal/m² | MJ/m² |
| BAIX | 1 | $Q_S \leq 100$ | $Q_S \leq 425$ |
| | 2 | $100 < Q_S \leq 200$ | $425 < Q_S \leq 850$ |
| MIG | 3 | $200 < Q_S \leq 300$ | $850 < Q_S \leq 1275$ |
| | 4 | $300 < Q_S \leq 400$ | $1275 < Q_S \leq 1700$ |
| | 5 | $400 < Q_S \leq 800$ | $1700 < Q_S \leq 3400$ |
| ALT | 6 | $800 < Q_S \leq 1600$ | $3400 < Q_S \leq 6800$ |
| | 7 | $1600 < Q_S \leq 3200$ | $6800 < Q_S \leq 13600$ |
| | 8 | $3200 < Q_S$ | $13600 < Q_S$ |

**Taula 4.6.** *Nivell de risc intrínsec en funció de la densitat de càrrega de foc.*

# 4.5. Requisits constructius de la nau industrial

La protecció passiva contra incendis té com a funció principal prevenir l'aparició d'un incendi, impedir o retardar la seva propagació i facilitar tant l'extinció com l'evacuació en casos més extrems.

Tot seguit, es descriuen les condicions i requisits constructius i edificatius que ha d'acomplir la nau industrial en relació amb la seva seguretat contra

incendis. Aquestes condicions i premisses dependran, principalment, de la relació entre la configuració de l'edifici on es troba el sector, la superfície del sector i el nivell de risc intrínsec del sector calculat en anterioritat.

### *4.5.1. Façanes accessibles*

Les façanes possibilitaran i facilitaran la intervenció dels serveis d'extinció d'incendis. Es consideren façanes accessibles d'un edifici o establiment industrial, aquelles que disposin de forats que permetin l'accés, des de l'exterior, al personal del servei d'extinció d'incendis.

Els forats de la façana compliran amb les següents condicions:

- Facilitar l'accés a cadascuna de les plantes de l'edifici, de forma que l'altura del rebaix (de porta o finestra) respecte el nivell de la planta a la que s'accedeixi no sigui superior a 1,2 metres.
- Les dimensions horitzontal i vertical seran, almenys, de 0,8 i 1,2 metres respectivament. La distància màxima entre els eixos verticals de dos forats consecutius no excediran de 25 metres, mesurat sobre la façana.
- No s'han d'instal·lar a la façana elements que impedeixin o dificultin l'accessibilitat a l'interior de l'edifici a través d'aquests forats, a excepció d'elements de seguretat col·locats als forats de les plantes l'altura d'evacuació de la qual no passi dels nou metres

### *4.5.2. Condicions d'aproximació de l'edifici*

Els vials d'aproximació fins a les façanes accessibles de la nau industrial, així com els espais de maniobres, compliran les següents condicions:

- Amplada mínima lliure: 5 metres.
- Altura mínima lliure o gàlib: 4,5 metres.
- Capacitat portant del vial: 2000 kp/m$^2$.

En els trams amb curvatura, el carril de rodadora ha de quedar delimitat per el traç d'una corona circular el radi dels quals han de ser d'un mínim de 5,3 metres i 12, 50 metres, amb una amplada lliure per circulació de 7,2 metres.

## 4.6. Sectorització de l'establiment industrial

L'establiment industrial objecte d'estudi constituirà un sector d'incendi únic tal com s'ha indicat a l'apartat 4.2. La condició que la nau industrial

constitueixi, almenys, un únic sector d'incendi rau amb la finalitat que no es propagui un incendi a l'establiment confrontant.

La màxima superfície construïda admissible de cada sector d'incendi serà la que s'indica a la taula 4.7. del present document, que es pot trobar a la taula 2.1. de l'annex 2 del RSCIEI.

| RISC INTRÍNSEC DEL SECTOR D'INCENDI | *Configuració de l'establiment* | | |
|---|---|---|---|
| | TIPUS A ($m^2$) | TIPUS B ($m^2$) | TIPUS C ($m^2$) |
| **BAIX** | (1)-(2)-(3) | (2) (3) (5) | (3) (4) |
| 1 | 2000 | 6000 | SENSE LÍMIT |
| 2 | 1000 | 4000 | 6000 |
| **MIG** | (2)-(3) | (2) (3) | (3) (4) |
| 3 | 500 | 3500 | 5000 |
| 4 | 400 | 3000 | 4000 |
| 5 | 300 | 2500 | 3500 |
| **ALT** | | (3) | (3)(4) |
| 6 | NO ADMÈS | 2000 | 3000 |
| 7 | | 1500 | 2500 |
| 8 | | NO ADMÈS | 2000 |

**Taula 4.7.** *Màxima superfície ($m^2$) construïda admissible per a cada sector.*

Per tant, en el present cas, la màxima superfície que ocupi un sector serà de 4000 $m^2$. La restricció no afecta per res a la consideració que s'ha fet prèviament al classificar la nau industrial com un únic sector amb tres activitats ja que no arriba ni supera, ni de bon tros, aquests 4000 $m^2$.

# 4.7. Materials constructius

El comportament davant del foc d'un material ve determinat per les característiques i qualitats d'aquest, coneixent-se com a reacció al foc. És de gran importància la seva elecció, ja que segons les característiques d'aquests en dependrà la iniciació de l'incendi i la seva propagació. En el present apartat s'estableixen els requisits que s'han de complir en quant a reacció al foc, productes de revestiment, productes inclosos en parets i tancaments, i altres productes com els situats a l'interior de falsos sostres o sòls elevats, els utilitzats per aïllament tèrmic i per acondicionament acústic, etc.

S'aplicarà el Reial Decret 312/2005 del 18 de març pel qual s'aprova la classificació dels productes de construcció i dels elements constructius que figuren als annexos I, II i III d'aquest decret en funció de les pròpies característiques de reacció i de resistència davant del foc.

- Productes de revestiments: els productes utilitzats com a revestiment o acabat superficial hauran de ser:
    1. En sòls: $C_{FL}$-s1 (M2) o més favorable
    2. En parets i sostres: C-s3 d0 (M2) o més favorable
- Productes inclosos en parets i tancaments: La capa i el seu revestiment seran, com a mínim EI 30 (RF-30). Aquesta obligació no serà de compliment quan es tracti de productes utilitzats en sectors industrials classificats segons l'annex I com a risc intrínsec baix, ubicats en edificis del tipus B o C pels quals serà suficient la classificació Ds3 d0 (M3) o més favorable.
- Altres productes: els productes situats a l'interior de falsos sostres o sòls elevats, tant els utilitzats com a aïllament tèrmic i acondicionament acústic com els que constitueixin o revesteixin conductes d'aire condicionat o de ventilació, hauran de ser de classe B-s3 d0 (M1) o més favorable. Únicament els cables situats a l'interior de falsos sostres o sòls elevats seran no propagadors d'incendi i amb emissió de fum i opacitat reduïda, tal i com s'indica al capítol 2 de la instal·lació elèctrica de la nau industrial. La resta de cables, seguirà amb la reglamentació específica que en sigui d'aplicació. Per a retardar la propagació del foc a l'allargada dels cables, es poden utilitzar revestiments com la resina o altres pintures intumescents aplicades sobre els cables.
- Els productes de construcció ceràmics i metàl·lics, així com els coberts de vidre, morters, formigons o guixos, es consideraran com a classe A1 (M0)

# 4.8. Estabilitat del foc

## *4.8.1. Estabilitat dels elements constructius portants*

L'estabilitat davant del foc, exigible als elements constructius portants en els sectors d'incendi d'un establiment industrial, pot determinar-se mitjançant l'adopció de valors que s'estableixen a l'annex II del RSCIEI.

- L'estabilitat del foc dels elements estructurals amb funció portant i escales que siguin de recorregut d'evacuació no tindran mai un valor inferior al què s'indica a la taula 4.8.

| NIVELL DE RISC INTRÍNSEC | TIPUS A | | TIPUS B | | TIPUS C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Soterrani | Planta sobre rasant | Soterrani | Planta sobre rasant | Soterrani | Planta sobre rasant |
| **BAIX** | R 120 *(EF – 120)* | R 90 *(EF – 90)* | R 90 *(EF – 90)* | R 60 *(EF – 60)* | R 60 *(EF – 60)* | R 30 *(EF – 30)* |
| **MIG** | NO ADMÈS | R 120 *(EF – 120)* | R 120 *(EF -120)* | R 90 *(EF – 90)* | R 90 *(EF – 90)* | R 60 *(EF – 60)* |
| **ALT** | NO ADMÈS | NO ADMÈS | R 180 *(EF -180)* | R 120 *(EF -120)* | R 120 *(EF -120)* | R 90 *(EF – 90)* |

**Taula 4.8.** *Estabilitat al foc dels elements estructurals portants.*

Tenint en compte que la nau industrial és del tipus B i el seu nivell de risc intrínsec és baix, els elements constructius portants tindran una estabilitat al foc com a mínima de R60.

- Per a l'estructura principal de cobertes lleugeres i suports en plantes sobre rasant, no previstes per a ser utilitzades en l'evacuació dels ocupants, sempre que es justifiqui que la seva errada no pugui ocasionar danys greus a l'edifici o establiments pròxims, ni comprometin l'estabilitat d'altres plantes inferiors o la sectorització d'incendis implantada i, si el risc intrínsec és alt o mig, disposi d'un sistema d'extracció de fums, es podran adoptar els valors de la taula 4.9:

| NIVELL DE RISC INTRÍNSEC | TIPUS B | TIPUS C |
|---|---|---|
| | Sobre rasant | Sobre rasant |
| Risc baix | R 15 (*EF-15*) | NO S'EXIGEIX |
| Risc mitjà | R 30 (*EF-30*) | R 15 (*EF-15*) |
| Risc alt | R 60 (*EF-60*) | R 30 (*EF-30*) |

**Taula 4.9.** *Estabilitat al foc per a cobertes lleugeres.*

En els casos en que el reglament exigeixi a l'estructura una estabilitat al foc superior al que la pròpia estructura posseeix, s'haurà d'afegir un sistema de protecció adequat.

Els sistemes de protecció de les estructures metàl·liques es basen, essencialment, en el recobriment dels perfils amb materials aïllants. A aquestes estructures se'ls aplicarà l'annex D del Codi Tècnic d'Edificació: Document Bàsic DB-SI "Seguretat en cas d'incendi".

Per a estructures de formigó que es vulgui millorar la seva estabilitat al foc, per deteriorament, canvi d'activitat industrial o qualsevol altre factor, es poden utilitzar revestiments mitjançant morters projectables, plaques o panells resistents al foc, pintures o revestiments de guix aplicats conformement amb el punt c.2.4. de l'annex C del Codi Tècnic d'Edificació DB-SI.

La coberta de la present nau industrial es pot considerar lleugera ja que el pes propi d'aquesta no supera els 100 kg/m$^2$ que marca el reglament. S'ha de tenir en compte també que el pont grua existent de la nau industrial posseeix una estructura independent de la coberta, per tant, no es considerarà en el càlcul de la càrrega permanent considerant-se així com una màquina més. Segons la taula 4.9, la qual estableix l'estabilitat del foc per a cobertes lleugeres i els seus suports, l'estabilitat mínima d'aquests elements serà de R15 al ser un edifici construït sobre rasant i del tipus B.

### *4.8.2. Estabilitat dels elements constructius de tancament*

Les exigències de comportament davant del foc d'un element constructiu de tancament (delimitador) es defineix segons l'assaig normalitzat en termes de capacitat portant R, integritat al pas de flames i gasos calents E i aïllament Tèrmic I. Aquests tres termes es consideren equivalents a els especificats a la norma UNE 23093 en aspectes d'estabilitat mecànica (o capacitat portant), estanquitat al pas de flames o gasos calents, no emissió de gasos inflamables a la cara no exposada al foc i aïllament tèrmic suficient per impedir que la cara no exposada al foc superi les temperatures que la norma corresponent estableix.

La resistència al foc dels elements constructius delimitadors d'un sector d'incendi respecte d'altres no serà inferior a l'estabilitat del foc exigida a la taula 4.8 per a elements constructius portants del sector.

La resistència al foc mínima de les mitjanes o murs adjacents a un altre establiment serà el que s'indica a la taula 4.10:

| | Amb funció portant | Sense funció portant | |
|---|---|---|---|
| Risc baix | EI 120 | REI 120 | *(RF-120)* |
| Risc mitjà | EI 180 | REI 180 | *(RF-180)* |
| Risc alt | EI 240 | REI 240 | *(RF-240)* |

**Taula 4.10.** *Resistència al foc segons el risc d'incendi.*

Totes les estructures de la nau industrial garantiran l'estabilitat de foc requerida.

# 4.9. Evacuació

S'entén per evacuació, l'acció o l'efecte de retirar persones d'un lloc determinat a causa d'emergències causades per diferents tipus de desastres, ja siguin naturals, accidentals o d'altres tipus. Aquest apartat pretén establir les bases i plans a seguir per retirar tot el personal de la nau en cas d'incendi.

## *4.9.1. Càlcul de l'ocupació*

Per a l'aplicació de les exigències relatives a l'evacuació en establiments industrials, es calcularà l'ocupació de la nau industrial a través de les fórmules presents a l'annex II del RSCIEI, que recull les següents expressions:

$P = 1{,}1p$ quan $p < 100$

$P = 110 + 1{,}05\ (p - 100)$ quan $100 < p < 200$

$P = 215 + 1{,}03\ (p - 200)$ quan $200 < p < 300$

$P = 524 + 1{,}01\ (p - 500)$ quan $p > 500$

*(els valors obtinguts per a p anteriorment, s'arrodoneixen a l'enter immediatament superior)*

On p representa el nombre de persones que ocupa el sector d'incendi, d'acord amb la documentació laboral que legalitza el funcionament de l'activitat.

Per tant, a la present nau industrial hi ha un total de 10 treballadors. Aplicant la primera de les quatre consideracions anteriorment esmentades, l'ocupació de la nau industrial serà d'11 persones.

### *4.9.2. Elements d'evacuació*

S'aplicarà el Codi Tècnic de l'Edificació "Seguretat en cas d'Incendi" tal com indica la normativa. L'evacuació dels establiments industrials en edificis tipus B, com és el cas, ha de satisfer les condicions exposades al present apartat.

*Definicions:*

- Origen de l'evacuació: És tot punt ocupable de l'establiment en que la densitat d'ocupació no excedeixi d'1 persona / 10 $m^2$ i la superfície total no excedeixi de 50 $m^2$. Els punts ocupables de tots els locals de riscos especials i de les zones d'ocupació nul·la la superfície de la qual excedeixi de 50 $m^2$, es considerarà origen d'evacuació i s'hauran de complir els límits que s'estableixin per a la longitud dels recorreguts d'evacuació fins a les sortides.
- Recorregut d'evacuació: És el recorregut que condueix des d'un origen d'evacuació fins una sortida de planta, situada a la mateixa planta considerada o en una altre, o fins una sortida de l'edifici. La longitud per passadissos, escales o rampes es mesurarà sobre l'eix dels mateixos.
- Recorreguts d'evacuació alternatius: Quan dos recorreguts, en el mateix origen, formen un angle major que 45º o estan separats per elements constructius EI30 i impedeixin que ambdós recorreguts puguin quedar bloquejats pel fum.
- Espai exterior segur: És aquell espai que pot donar per finalitzada l'evacuació dels ocupants de l'edifici.
- Sortida de planta: Sortida que pot estar a la planta considerada o en una planta diferent.
- Sortida d'edifici: Porta o forat de sortida a un espai exterior segur.
- Altura d'evacuació: Màxima diferència de cotes entre l'origen d'evacuació i la sortida de l'edifici que correspongui.

Segons la taula 3.1. de l'apartat 3 del CTE "Seguretat en cas d'incendi", Número de sortides i longitud dels recorreguts d'evacuació, una planta o recinte pot disposar d'una única sortida de planta o sortida del recinte quan compleixi les següents condicions:

- L'ocupació no excedeixi de 100 persones, excepte el cas d'existir 50 persones en zones des de les que l'evacuació fins a una sortida de planta salvi una altura més gran que dos metres en sentit ascendent.
- La longitud dels recorreguts d'evacuació fins a una sortida de planta no excedeixi els 25 metres, excepte si es tracta d'una planta que tingui una sortida directe a l'espai exterior segura i l'ocupació no excedeixi de 25 persones, que podrà tenir una longitud de 50 metres.

- L'altura d'evacuació de la planta considerada no excedeixi de 28 metres.

En cas contrari, haurà de tenir més d'una sortida d'evacuació.

*Recorregut d'evacuació:*

La longitud del recorregut d'evacuació fins a una sortida directa a l'espai exterior segura serà d'un màxim de 50 metres al tractar-se d'una nau industrial amb més d'una sortida a l'espai exterior segura i amb una ocupació de menys de 25 persones.

Al plànol número 9 referent a la instal·lació contra incendis de la nau industrial, es pot veure que qualsevol recorregut d'evacuació no superarà els 50 metres des d'un origen d'evacuació a una sortida de l'edifici, garantint així el compliment de la norma.

*Portes, passos i passadissos:*

Durant el recorregut d'evacuació i segons la taula 4.1. del CTE "Seguretat en cas d'incendi" SI-3, les portes i els passos seran de 0,8 metres d'amplada com a mínim i les fulles de les portes no seran menors a 0,60 metres ni superaran els 1,23 metres. Tal com indica la normativa, les portes previstes com a sortides de planta o de l'edifici seran abatibles amb un eix de gir vertical i sistema de tancament. Els passadissos hauran de superar una amplada mínima d'un metre.

*Protecció de les escales:*

La nau industrial en qüestió només té una escala que comunica la planta altell, on es troben situades les oficines, i la planta baixa. Segons l'apartat 6.3.3. de l'annex II del RSCIEI, exigeix protegir les escales que superin l'altura d'evacuació següent:

| RISC | Altura (m) |
|---|---|
| Alt | 10 |
| Mitjà | 15 |
| Baix | 20 |

**Taula 4.11.** *Protecció d'escales en funció de l'altura d'evacuació i el nivell de risc.*

Com que la present nau presenta un risc d'incendi baix i l'escala no supera els 20 metres d'alçada d'evacuació, no caldrà protegir-la.

# 4.10. Instal·lació d'elements de protecció contra incendis

L'annex III del RSCIEI recull la protecció activa contra els incendis. La protecció activa contra incendis té com a funció específica la detecció, control i extinció de l'incendi, a través de la lluita directa contra el mateix i, per tant, facilitar l'evacuació. Els sistemes de protecció a instal·lar dependran de la relació entre la tipologia de l'edifici on es troba el sector d'incendi, el nivell de risc intrínsec del sector i la superfície del sector d'incendi.

Tots els aparells, equips, sistemes i components de les instal·lacions de protecció contra incendis dels establiments industrials, així com el disseny, l'execució, la posada en funcionament i el manteniment de les instal·lacions, compliran amb tot el què s'indica al Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis, aprovat pel Reial Decret 1942/1995 del 5 de novembre, i l'Ordre del 16 d'abril de 1998 sobre les normes i el desenvolupament d'aquest.

Els instal·ladors i mantenidors de les instal·lacions de protecció contra incendis compliran amb els requisits que s'estableixen al Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis anteriorment esmentat.

## *4.10.1. Sistemes automàtics de detecció d'incendi*

Els sistemes automàtics de detecció d'incendi són sistemes que permeten detectar un incendi en el temps més curt possible i emetre senyals d'alarma i de localització adequades per a que puguin adoptar-se les mesures oportunes.

Segons els apartats 3.1.a i b de l'annex III del RSCIEI, s'instal·laran sistemes automàtics de detecció d'incendi en edificis de tipus B quan el seu nivell de risc intrínsec sigui mig o alt, amb una superfície total construïda de 2000 $m^2$ i 1000 $m^2$ o superior respectivament en activitats de producció o bé en activitats d'emmagatzematge quan sent una edifici de tipus B, el seu nivell de risc intrínsec sigui mig o alt amb una superfície total construïda de 1000 $m^2$ i 500 $m^2$ o superior respectivament. Com que la nau industrial objecte de l'estudi és una nau amb un risc intrínsec baix, no caldrà instal·lar sistemes automàtics de detecció d'incendi.

### *4.10.2. Sistemes manuals d'alarmes d'incendi*

Els sistemes manuals d'alarmes d'incendi estan constituïts per un conjunt de polsadors que permetran transmetre voluntàriament pels ocupants del sector, una senyal a un centre de control i senyalització permanentment vigilada, de manera que sigui fàcilment identificable la zona en que ha estat activat el polsador.

S'hauran d'instal·lar sistemes manuals d'alarmes d'incendi tal com indica el RSCIEI a l'apartat 4 de l'annex III ja que la normativa obliga a instal·lar-les en cas de no requerir-se la instal·lació de sistemes automàtics d'incendi. Els sistemes manuals d'alarmes d'incendi s'instal·laran tant en els sectors d'incendi com en aquelles àrees d'incendi on existeixin paràmetres verticals (pilars o parets) que permetin la ubicació dels polsadors. A més, es situarà un polsador al costat de cada sortida d'evacuació del sector d'incendi i la distància màxima a recórrer des de qualsevol punt fins a trobar un polsador no serà superior a 25 metres.

S'instal·laran un total de sis polsadors manuals d'alarmes d'incendi garantint totes aquestes consideracions. A més, s'instal·laran dues sirenes acústiques, una a la planta altell i una altre a la planta baixa, les quals entraran en funcionament quan es polsi algun dels detectors manuals d'incendi. Per veure la seva distribució, només caldrà consultar el plànol 9 referent a la instal·lació contra incendis de la present nau industrial.

### *4.10.3. Sistemes de comunicació d'alarmes*

Els sistemes de comunicació d'alarmes són sistemes que permeten emetre senyals acústiques i/o visuals als ocupants d'un edifici.

Segons l'apartat 5 de l'annex III del RSCIEI, s'instal·laran sistemes de comunicació d'alarma en tots els sectors d'incendi de l'establiment industrial si la suma de al superfície construïda de tots els sectors d'incendi de l'establiment és de 10000 $m^2$ o superior. Per tant, no és obligatori instal·lar sistemes de comunicació d'alarmes.

### *4.10.4. Sistema d'hidrants exteriors*

Els sistemes d'hidrants exteriors són sistemes d'abastament d'aigua per a ús exclusiu del cos de bombers i personal degudament format.

Segons el Decret 241/1994 del 26 de juliol, sobre els condicionaments urbanístics i de protecció contra incendis en els edificis, complementària a la NBE-CPI/91, obliga que tota edificació nova tingui un hidrant exterior, com a mínim, a menys de 100 metres de la façana principal.

Per tant, al carrer principal on es troba situada la nau industrial (Carrer Doctor de Ferran de Manresa), es troben tres hidrants a una distància inferior als 100 metres des de l'hidrant fins a la façana de la nau industrial.

### *4.10.5. Extintors*

Segons l'apartat 8 de l'annex III del RSCIEI, s'instal·laran extintors d'incendi portàtils a tots els sectors de l'establiment industrial.

Es col·locaran extintors de pols de sis quilograms i d'una eficàcia de 21A per tota la zona del taller mecànic, pel vestíbul i recepció, a l'entrada principal i a la planta altell corresponent a les oficines. Es col·locaran dos extintors de $CO_2$ de sis quilograms al costat de les màquines de soldadura elèctrica i al costat del quadre general, a l'entrada principal de la nau.

Els extintors portàtils es col·locaran de tal manera que siguin fàcilment visibles i accessibles, situats estratègicament als punts on s'estimi una major tendència d'iniciar-se l'incendi i la seva distribució serà tal que el recorregut màxim horitzontal, des de qualsevol punt del sector d'incendi fins a l'exterior, no superi els 15 metres. Es col·locaran de tal manera que la part superior de l'extintor quedi, com a màxim, a 1,7 metres del terra.

Al plànol número 9 es pot veure la distribució dels extintors ubicats per tota la nau industrial.

### *4.10.6. Sistemes de boques d'incendi equipades*

Els sistemes de boques d'incendi equipades estan compostes per una font d'abastament d'aigua, una xarxa de conductes per a l'alimentació d'aigua i els equips de boques d'incendi equipades (BIEs) necessaris.

Segons l'apartat 9 de l'annex III del RSCIEI, s'instal·laran sistemes de boques d'incendi equipades quan:

- Estiguin ubicats en edificis tipus B, amb un nivell de risc intrínsec mitjà o alt i una superfície total construïda de 500 m2 i 200 m2 o superior respectivament.

Com que la nau industrial objecte de l'estudi és un tipus d'edifici B amb un nivell de risc intrínsec baix, no caldrà la instal·lació de boques d'incendi equipades.

### *4.10.7. Sistemes de columna seca*

Segons l'apartat 10 de l'annex III del RSCIEI, els sistemes de columna seca s'instal·laran en establiments on el risc intrínsec sigui mitjà o alt i l'altura d'evacuació sigui de 15 metres o superior.

En el present cas no caldrà la seva instal·lació, ja sigui per l'altura inferior a 15 metres com pel nivell de risc intrínsec (baix).

### *4.10.8. Sistemes de ruixadors automàtics d'aigua*

Segons l'apartat 11 de l'annex III del RISCIE, s'instal·laran sistemes de ruixadors automàtics d'aigua quan:

- Estiguin ubicats en edificis tipus B, el seu nivell de risc intrínsec sigui mitjà o alt i una superfície total construïda de 2500 $m^2$ i 1000 $m^2$ o superior respectivament en activitats de producció.
- Estiguin ubicats en edificis tipus B, el seu nivell de risc intrínsec sigui mitjà o alt i una superfície total construïda de 1500 $m^2$ i 800 $m^2$ o superior respectivament en activitats d'emmagatzematge.

Així doncs, com que no es compleix cap de les dues condicions, no s'instal·laran sistemes de ruixadors automàtics d'aigua.

### *4.10.9. Sistemes d'enllumenat d'emergència*

S'instal·larà enllumenat d'emergència a tota la nau industrial tal com s'indica a l'apartat 16 de l'annex III del RSCIEI, a fi d'indicar els recorreguts d'evacuació i les portes.

La instal·lació dels sistemes d'enllumenat d'emergència tindrà les següents característiques:

- Serà fixa, estarà prevista de font d'energia pròpia i entrarà en funcionament al produir-se un error d'alimentació del 70% de la seva tensió nominal de servei.
- Mantindrà les condicions de servei durant una hora des del moment que es produeixi l'errada d'alimentació.
- Proporcionarà la il·luminància d'un lux, com a mínim, en el nivell del terra en els recorreguts d'evacuació.
- La il·luminància serà de cinc lux, com a mínim, en els espais definits a l'apartat 16.2. de l'annex III del RSCIEI.
- La uniformitat de la il·luminació proporcionada en els diferents punts de cada zona serà tal que el quocient entre la il·luminància màxima i la mínima sigui menor que 40.

- Els nivells d'il·luminació establerts s'han d'obtenir considerant nul el factor de reflexió de les parets i el sostre i contemplant un factor de manteniment que comprengui la reducció del rendiment lluminós degut a l'envelliment de les làmpades i la brutícia de les lluminàries.

S'instal·larà enllumenat d'emergència a sobre cada porta de les oficines, vestíbul, vestuaris i les portes principals de sortida. A la zona del taller mecànic, s'instal·larà enllumenat d'emergència de gran superfície.Al plànol número 9 es pot veure la distribució de les lluminàries d'emergència repartides a la nau industrial.

### *4.10.10. Senyalització*

Es senyalitzarà les sortides d'ús habitual o d'emergència, així com la dels mitjans de protecció contra incendis d'utilització manual, quan no siguin fàcilment localitzables des d'algun punt de la zona protegida, tenint en compte el que es disposa al Reglament de senyalització dels centres de treball, aprovat pel Reial Decret 485/1997 del 14 d'abril, sobre les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball. La senyalització haurà de complir les normes UNE 23033, UNE 23034 i UNE 23035.

## 4.11. Resum de la instal·lació contra incendis

| **INSTAL·LACIÓ CONTRA INCENDIS NAU INDUSTRIAL** | |
|---|---|
| **Configuració** | EDIFICI TIPUS B |
| **Nivell de risc intrínsec** | BAIX 2 |
| **RF parets mitgeres amb veïns** | EI-120 |
| **EF elements estructurals** | R-60 (R-15 coberta lleugera) |
| **Recorregut d'evacuació** | 50 m |
| **Ventilació / evacuació de fums** | NO |
| **Instal·lacions:** | |
| - **Detecció automàtica** | NO |
| - **Alarma (polsadors i sirenes)** | SÍ |
| - **Extintors** | SÍ |
| - **BIE's** | NO |
| - **Hidrants propis** | NO |
| - **Ruixadors automàtics** | NO |

| | |
|---|---|
| - **Hidrant públic** | SÍ (a menys de 100 metres de l'establiment) |

**Taula 4.12.** *Resum de la instal·lació contra incendis.*

# CAPÍTOL 5: CLIMATITZACIÓ I VENTILACIÓ

La instal·lació de climatització i la ventilació de la nau industrial es realitzarà seguint el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis (RITE) aprovat pel Reial Decret 1027/2007 del 20 de juliol i publicat al BOE 207, el 28 d'agost del 2007. També es consultarà el Codi Tècnic de l'Edificació, sobretot la secció HS 3 referent a la qualitat de l'aire interior.

La climatització és indispensable quan el que es vol és crear unes condicions en quant a temperatura, humitat i netedat de l'aire adequades per a la comoditat dins dels espais habitats.

Amb la ventilació s'aconseguirà neutralitzar i eliminar la presència de calor, pols, fums, gasos, condensacions, mals olors, etc. en els llocs de treball. Aquestes partícules poden ser nocives per a la salut dels treballadors.

En aquest capítol, doncs, el que es pretén és explicar les mesures adoptades per a fer front a tot el que s'ha explicat, amb l'objectiu que les condicions de treball a la nau industrial (tant a la zona administrativa com a la zona del taller mecànic) siguin les més òptimes.

## 5.1. Climatització

Les condicions de treball climàtiques són la temperatura i la humitat en les que es desenvolupa el treball. El treball físic, doncs, genera calor al cos. Per regular-lo, l'organisme humà posseeix un sistema que permet mantenir una temperatura corporal constant en torn dels 37º. La regulació tèrmica i sensació de confort tèrmic depèn, bàsicament, de la calor produïda pel cos i dels intercanvis amb el medi ambient. Tot això, està en funció dels següents termes:

- Temperatura de l'ambient.
- Humitat de l'ambient.
- Activitat física que es desenvolupi.
- Classe de vestimenta.

Unes males condicions termohigromètriques poden causar efectes negatius a la salut de les persones que variarà en funció de les característiques de cada persona i la seva capacitat de climatització. A la majoria de casos, es pot trobar refredats, deshidratació, cops de calor, etc.

Per tant, el que es vol aconseguir és que tant a la zona del taller mecànic com a la zona administrativa estiguin previstes de sistemes de climatització que garanteixin una bona temperatura de sensació, la qual permeti desenvolupar qualsevol treball en condicions òptimes.

### *5.1.1. Climatització de la zona del taller mecànic*

La climatització de la zona del taller mecànic es farà mitjançant un generador d'aire calent de tipus industrial, alimentat amb gasoil, el qual s'emmagatzemarà en un dipòsit de doble paret metàl·lica de 2000 litres de capacitat, ubicat en el pati exterior de la parcel·la de la nau industrial i protegit per un reixat.

Els generadors d'aire calent són una molt bona alternativa, sobretot econòmica, a la instal·lació de calderes per dur a terme la calefacció de la nau industrial. Aquests equips són totalment autònoms i funcionen amb combustibles líquids o gasosos. En el present cas, funcionarà amb gasoil.

La funció dels generadors d'aire calent és la d'escalfar l'aire mediambiental utilitzant l'energia tèrmica produïda per l'equip; el calor produït és impulsat per un ventilador centrífug al la zona del taller mecànic. Els gasos de combustió són extrets mitjançant una xemeneia.

L'avantatge principal d'aquests tipus de generadors respecte altres sistemes de calefacció són els següents:

- Major rapidesa en el condicionament del local a climatitzar.
- Ràpida i fàcil instal·lació.
- Gran varietat de models amb un gran ventall de possibilitats.
- Reducció del grau d'humitat del local climatitzat.

## 1. Càlcul de les càrregues tèrmiques

Per determinar el tipus i característiques tècniques del generador d'aire calent, es procedirà a calcular les càrregues tèrmiques necessàries. Primerament, es calculen les pèrdues de calor per transmissió ($Q_t$), mitjançant la següent forma:

$$Q_t = \sum_i S_i \cdot K_i \cdot \Delta T_i \cdot f_i \qquad (5.1)$$

On:

- $Q_t$ és la quantitat de calor [W].
- $S_i$ és la superfície [$m^2$]
- $\Delta T_i = T_i - T_e$: Diferència de temperatura interior – exterior [ºC]
- K és el coeficient de transmissió de calor [$W/m^2 \cdot ºC$]
- $f_i$ és el factor d'orientació.

Una vegada calculades les pèrdues de calor per transmissió, es poden calcular les pèrdues de calor per infiltracions de l'aire ($Q_i$) a través de la fórmula 5.2:

$$Q_i = \eta \cdot C_e \cdot P_e \cdot V \cdot \Delta_t \qquad (5.2)$$

On:

- $Q_i$ és la quantitat de calor [kW].
- η és el nombre de renovacions per hora.
- V és el volum total [$m^3$].
- $\Delta_T = T_i - T_e$: Diferència de temperatura interior – exterior [ºC].
- $C_e$ és el calor específic de l'aire i val $2{,}79 \cdot 10^{-4}$ kW/Kg·ºC.
- $P_e$ és el pes específic de l'aire en sec i val 1,205 $kg/m^3$.

Obtingudes tant les pèrdues de calor per transmissió ($Q_t$) com les pèrdues de calor per infiltracions d'aire ($Q_i$), es poden determinar les pèrdues de calor totals ($Q_T$) gràcies a la fórmula 5.3:

$$Q_T = (Q_t + Q_i) \cdot (1 + F) \qquad (5.3)$$

On:

- $Q_t$ és la quantitat de calor per transmissió [kW]
- $Q_i$ és la quantitat de calor per infiltracions [kW]
- $Q_T$ és la quantitat de calor total [kW]
- F és la suma de suplements i val 0,3.

D'altre banda, la quantitat de pèrdues totals de calor d'un recinte també es poden saber mitjançant la fórmula de càlcul 5.4 que es pot trobar a la pàgina web de *metmann*, una empresa de fabricació i comercialització de productes de climatització i condicionament de l'aire que ofereix una gran gama de productes. La fórmula és la següent:

$$Q_T = v \cdot \Delta_{T^a} \cdot K \quad (5.4)$$

On:

- V és el volum de la zona [$m^3$].
- $\Delta T^a$ és la variació entre la temperatura interior desitjada i la temperatura exterior mínima de la zona.
- K és una constant que depèn de l'aïllament del local (k=1,5 molt ben aïllat; k=2 normalment aïllat; k=2,5 ben aïllat, k=3 no aïllat).

Les dades climàtiques de la zona on es troba situada la nau industrial són les següents:

| **Dades climàtiques per a tots els àmbits** | |
|---|---|
| **Zona climàtica** | C3 |
| **Temperatura exterior hivern** | -5 ºC |
| **Temperatura interior hivern** | +20 ºC |
| **Humitat relativa exterior estiu** | 50% |

**Taula 5.1.** *Dades climàtiques de la zona.*

Així doncs, la fórmula 5.4 vindria a ser una síntesi de les fórmules 5.3, 5.2 i 5.1 i es podria calcular, d'una manera directa, la quantitat total de pèrdues de calor. Una vegada obtingudes les pèrdues de calor, s'escollirà el generador d'aire calent que proporcioni una quantitat de calor que contraresti les pèrdues totals.

Per tant, aplicant la fórmula 5.4 a la zona del taller mecànic, les pèrdues totals de calor equivalen a 218,95 kW. A continuació, una vegada obtingudes les pèrdues totals de calor, es procedeix a escollir el tipus de generador d'aire calent. Entre diversos models, s'ha escollit el generador de la gamma industrial "C" *MM-250-G* de la marca *metmann*. Les característiques tècniques del generador venen recollides a la taula 5.2:

| Model | MM-250-G |
|---|---|
| **Potència calorífica** | 250 kW |
| **Rendiment (η)** | 0,92 |
| **Cabal de l'aire** | 19000 $m^3/h$ |
| **Pressió estàtica** | 176 Pa |
| **Nivell sonor (3 metres)** | 73 dB (A) |
| **Consum combustible (gasoil)** | 19,54 kg/h |
| **Potència motor** | 4 kW |
| **Consum** | 8,36 A |

**Taula 5.2.** *Característiques del generador d'aire calent.*

## 2. Càlcul dels conductes

A més del generador d'aire calent, s'instal·laran uns conductes d'acer inoxidable a través dels quals es distribuirà l'aire calent per la zona del taller mecànic. La distribució constarà de dos conductes, de deu i set metres d'allargada respectivament. El segon conducte tindrà una secció resultat la meitat que el primer per garantir la circulació de l'aire calent a través seu. Tant un conducte com l'altre estarà previst de reixes per on es llençarà l'aire calent per escalfar la zona i, a pocs metres de l'acabament del segon conducte, es col·locaran un parell de tuberes per on l'aire calent sortirà amb més força. La secció del segon conducte serà de secció resultant la meitat que el primer conducte ja que, com que el cabal és constant i la secció es disminueix, la velocitat a través del segon conducte haurà d'augmentar i així es garantirà la seva perfecta distribució.

Per a calcular la secció dels conductes, s'utilitzarà la següent fórmula:

$$Q = V \cdot S \rightarrow S = \frac{Q}{V} \quad (5.5)$$

On:

- S és la secció del tram del conducte [$m^2$].
- Q és el cabal d'aire del tram del conducte [$m^3/h$].
- V és la velocitat de circulació de l'aire [m/h]

Els conductes d'aire s'han dimensionat a partir de la pèrdua de càrrega dels mateixos, així com de la velocitat de circulació de l'aire en referència al nivell sonor produït. En aquest sentit s'ha considerat un valor de velocitat

màxima de 6 m/s, la qual en funció del cabal d'aire que circula pels dos trams, s'han fixat les seccions necessàries segons l'expressió 5.5.

Per tant, realitzant els càlculs que es poden trobar a l'annex corresponent a la climatització, s'han obtingut els següents resultats

- $S_1$ = (1 x 0,9) $m^2$
- $S_2$ = (0,6 x 0,75) $m^2$

S'han col·locat tres reixes laterals a cada banda al primer conducte de deu metres d'allargada, a una distància de separació proporcional, i una reixa i una tubera lateral a cada banda en el segon conducte de set metres d'allargada *(consultar plànol número 10 referent a la climatització)*.

## 3. Càlcul de la secció dels conductes d'evacuació

En el present apartat es calcularà tant la secció vertical com horitzontal de la xemeneia, encarregada de l'evacuació dels fums, del generador d'aire calent.

Per a calcular la secció vertical d'aquesta, es fa de la següent forma:

$$S = k \cdot \frac{P}{\sqrt{h}} \quad (5.6)$$

$$h = H - (0{,}5 \cdot n + L + p) \quad (5.7)$$

On:

- S és la secció del conducte vertical [$cm^2$].
- H és l'alçada de la xemeneia real [m].
- H és l'alçada de la xemeneia reduïda [m]
- P és la potència del generador [kcal/h].
- k és un coeficient del tipus de combustible de la caldera.
- n és el nombre de colzes
- p és la pèrdua de càrrega de la caldera.

La secció del conducte vertical de la xemeneia ha donat un valor de 1923 $cm^2$. Després de calcular la secció vertical, es procedeix a calcular la secció del conducte horitzontal de la següent manera:

$$E = S \cdot \left(1 + 0{,}6 \cdot \frac{L}{H}\right) \quad (5.8)$$

On:

- E és la secció del conducte horitzontal [$cm^2$].
- S és la secció del conducte vertical [$cm^2$].
- H és l'alçada de la xemeneia real [m].
- L és la longitud horitzontal de la xemeneia [m].

Aplicant la fórmula 5.8, la secció del conducte horitzontal de la xemeneia ha donat un valor de 2005 $cm^2$.

## 4. Càlcul del consum anual de combustible

En aquest apartat es calcularà el consum total anual de gasoil del generador d'aire calent com a únic element consumidor de combustible. Així doncs, segons la norma UNE 24.046, resulta d'aplicació la següent expressió:

$$Q_{calefacció} = \frac{P \cdot G \cdot 24 \cdot u \cdot i}{\Delta T} \quad (5.9)$$

On:

- $Q_{calefacció}$ són les pèrdues anuals de calor [kcal/any].
- P és la potència útil del generador [kcal/h].
- G són els graus – dia en base 15 – 15.
- u és el coeficient d'ús del generador.
- i és el coeficient d'intermitència del generador.
- $\Delta T = T_{interior\ hivern} - T_{exterior\ hivern} = +25º$.

Una vegada calculades les pèrdues anuals de calor mitjançant la fórmula 5.9, ja es pot calcular el consum total en calefacció mitjançant la següent expressió:

$$C_{gasoil} = \frac{Q}{PCI \cdot \eta} \quad (5.10)$$

On:

- $C_{gasoil}$ és el consum anual de combustible [kg de gasoil/any].
- PCI és el poder calorífic inferior del combustible [kcal/kg].
- H és el rendiment del generador.

Aplicant aquestes dues expressions (5.9 i 5.10), el consum de gasoil del generador d'aire calent encarregat de climatitzar la zona del taller mecànic és de 4122 kg de gasoil l'any.

Per a expressar-ho en litres, s'utilitzarà la densitat del gasoil per calcular la quantitat de litres gastats de gasoil a l'any. Es pot calcular a través de la següent expressió:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5.11)$$

On:

- P és la densitat del gasoil [kg/dm$^3$].
- m és la massa total [kg].
- v és el volum [dm$^3$ o litres].

Per tant, després d'aplicar la fórmula 5.11, la quantitat total de consum anual de gasoil és de 4850 litres.

### *5.1.2. Climatització de la zona d'oficines / vestíbul*

S'entén per la zona d'oficines / vestíbul les sales destinades a tota activitat administrativa i de recepció. Les sales que s'han de climatitzar són les següents:

- Oficina Tècnica
- Sala de reunions
- Rebedor
- Oficina
- Despatx
- Vestíbul / Recepció
- Menjador Office

Primer de tot, s'ha calculat la potència frigorífica i calorífica necessària per climatitzar cadascuna d'aquestes sales. La potència calorífica de cada sala s'ha calculat com s'ha explicat en anterioritat a la fórmula 5.4 de l'apartat 5.1.1. Climatització de la zona del taller mecànic. La potència frigorífica, per altre banda, s'ha calculat mitjançant un programa de càlcul de la web "el aire acondicionado" en el qual després d'introduir les característiques de la sala en qüestió (dimensions, clima, etc.) feia un càlcul de frigories màxim i mínim. A continuació, a la taula 5.3, queden reflectides les potències tèrmiques necessàries:

| Sala | Potència calorífica (kW) | Potència frigorífica (kW) |
|---|---|---|
| **Oficina Tècnica** | 4,51 | 5,16 |
| **Sala de reunions** | 1,25 | 1,44 |
| **Rebedor** | 1,93 | 2,2 |
| **Oficina** | 2,59 | 2,97 |
| **Despatx** | 2,66 | 3,05 |
| **Vestíbul / Recepció** | 2,18 | 2,49 |
| **Menjador Office** | 1,11 | 1,27 |
| **TOTAL** | **16,23** | **18,58** |

**Taula 5.3.** *Potència calorífica i frigorífica necessàries per a climatitzar.*

Sabudes la potència calorífica i frigorífica necessàries per climatitzar la zona d'oficines / vestíbul, el següent pas és escollir el tipus de sistema més adient per realitzar la climatització.

S'escollirà una unitat exterior, que compleixi amb els paràmetres de la taula 5.2, la qual s'instal·larà a la coberta i alimentarà fins a set unitats interiors que es distribuiran una a cada sala a climatitzar. Les unitats interiors, també denominades fan-coil, s'instal·laran al sostre de cada sala a climatitzar.

Un fan-coil és un equip de climatització constituït per un intercanviador de calor, un ventilador i un filtre. Poden treballar refrescant o escalfant l'ambient, depenent amb el que s'alimenti. La unitat interior fa la funció de ventilador que re circula l'aire a través d'una bateria alimentada amb fluid refrigerant produït per la unitat exterior (compressors inverter).

Per tant, com a unitat exterior, s'ha escollit la *PUHY-P200YHM-A* de la *sèrie Y* i de la *gamma multi city* de *Mitsubishi*. Les característiques tècniques de l'aparell apareixen a continuació, a la taula 5.4:

| Model | PUHY-P200YHM-A |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 22,4 kW |
| **Capacitat calorífica** | 25 kW |
| **Consum elèctric** | 6 kW |
| **Nivell sonor** | 56 dB (A) |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 920 mm/760 mm/1710 mm |
| **Pes** | 185 Kg |

| | |
|---|---|
| **Cabal d'aire** | 185 $m^3$/min |
| **Refrigerant** | R410A / 6,5 Kg |
| **Unitats interiors connectables** | P15-P250 / 1 ~ 17 |

**Taula 5.4.** *Característiques de la unitat exterior.*

Les unitats interiors, per la seva banda, dependran del nombre de frigories i calories necessàries (capacitat frigorífica i calorífica). Així doncs, s'han instal·lat les següents unitats interiors o fan-coils:

- Per l'Oficina Tècnica: Unitats de cassette de 4 vies.

| **Model** | **PLFY-P50VBM-E** |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 5,6 kW |
| **Capacitat calorífica** | 6,3 kW |
| **Consum elèctric** | 40 W |
| **Cabal de l'aire (B-M1-M2-A)** | 12/13/14/16 $m^3$/min |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 840 mm/840 mm/258 mm |
| **Dimensions del panell (ample/fons/alt)** | 950 mm/ 950 mm/35 mm |
| **Nivell sonor** | 27/28/30/31 dB(A) |

**Taula 5.5.** *Característiques de la unitat interior de l'Oficina Tècnica.*

- Per la sala de reunions i el rebedor: Unitats de cassette de 4 vies.

| **Model** | **PLFY-P20VCM-E** |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 2,2 kW |
| **Capacitat calorífica** | 2,5 kW |
| **Consum elèctric** | 50 W |
| **Cabal de l'aire (B-M-A)** | 8/9/10 $m^3$/min |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 570 mm/570 mm/208 mm |
| **Dimensions del panell (ample/fons/alt)** | 650 mm/ 650 mm/20 mm |
| **Nivell sonor** | 28/31/35 dB(A) |

**Taula 5.6.** *Característiques de la unitat interior de la sala de reunions i del rebedor.*

- Pel vestíbul / recepció: Unitats de cassette de 4 vies.

| Model | PLFY-P25VLMD-E |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 2,8 kW |
| **Capacitat calorífica** | 3,2 kW |
| **Consum elèctric** | 50 W |
| **Cabal de l'aire (B-M-A)** | 8/9/10 $m^3$/min |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 570 mm/570 mm/208 mm |
| **Dimensions del panell (ample/fons/alt)** | 650 mm/ 650 mm/20 mm |
| **Nivell sonor** | 27/30/37 dB(A) |

**Taula 5.7.** *Característiques de la unitat interior del vestíbul / recepció.*

- Per l'oficina i el despatx: Unitats de cassette de 4 vies.

| Model | PLFY-P32VLMD-E |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 3,6 kW |
| **Capacitat calorífica** | 4 kW |
| **Consum elèctric** | 50 W |
| **Cabal de l'aire (B-M-A)** | 8/9/11 $m^3$/min |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 570 mm/570 mm/208 mm |
| **Dimensions del panell (ample/fons/alt)** | 650 mm/ 650 mm/20 mm |
| **Nivell sonor** | 29/33/38 dB(A) |

**Taula 5.8.** *Característiques de la unitat interior de l'oficina i el despatx.*

- Pel menjador office: Unitat de conductes

| Model | PEFY-P15VMS1-E |
|---|---|
| **Capacitat frigorífica** | 1,7 kW |
| **Capacitat calorífica** | 1,9 kW |
| **Consum elèctric** | 50 W |
| **Cabal de l'aire (B-M-A)** | 5/6/7 $m^3$/min |
| **Dimensions (ample/fons/alt)** | 790 mm/700 mm/200 mm |
| **Nivell sonor** | 29/33/38 dB(A) |

**Taula 5.9.** *Característiques de la unitat interior del menjador office.*

Al plànol número 10 es pot veure la distribució tant de les unitats interiors com la situació de la unitat exterior i els conductes.

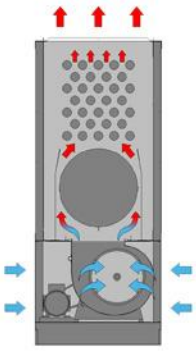
# 5.2. Ventilació

La ventilació es refereix al conjunt de tecnologies que s'utilitzen per neutralitzar i eliminar la presència d'agents com la calor, pols, fums, gasos, etc. en els llocs de treball que puguin ser nocius per la salut dels treballadors. La instal·lació d'elements que garanteixin la ventilació permetrà mantenir una qualitat de l'aire interior acceptable, en els locals ocupats per les persones, eliminant els contaminants que es produeixen durant el seu ús normal, aportant un cabal suficient d'aire exterior i garantint l'extracció i expulsió de l'aire viciat.

Per tant, es prendran les mesures necessàries per ventilar la zona del taller mecànic i la zona d'oficines / vestíbul. La zona de càrrega i descàrrega i el magatzem no estarà previst de cap equip de ventilació ja que es considera una zona de pas sense concentració de persones. En tot cas, quan s'ha de carregar i descarregar material i per l'entrada de camions, la porta principal de la nau es mantindrà oberta garantint així la renovació d'aire. En quan a la renovació d'aire dels vestuaris, es farà mitjançant les finestres practicables que comuniquen amb l'exterior. Tant els serveis dels vestuaris com el servei de la planta altell disposaran d'extractors per reduir la humitat i eliminar fums i olors. Els extractors s'instal·laran al sostre de cada servei i funcionaran a través del subministrament elèctric.

## *5.2.1. Ventilació de la zona del taller mecànic*

Per ventilar la zona del taller mecànic, s'aprofitarà el generador d'aire calent. El generador, que està enganxat a la paret, consta d'una reixa per on l'aire de l'exterior entra i es barreja amb l'aire interior. L'aire viciat és escalfat mitjançant una flama i impulsat gràcies a un ventilador centrífug a la zona del taller mecànic. El seu funcionament queda resumit a les figures 5.1 i 5.2.



**Figures 5.1 i 5.2.** *Funcionament del generador d'aire calent.*

A l'estiu, el funcionament del generador és el mateix però sense encendre la flama per escalfar l'aire. L'aire viciat és impulsat a la zona de taller mecànic però sense ser prèviament escalfat.

*Justificació de la renovació d'aire*

Segons l'exigència de qualitat de l'aire interior que fa el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis (RITE), els edificis han de disposar d'un sistema de ventilació per l'aportament d'un cabal suficient d'aire exterior que eviti, en els diferents locals en els que es realitzi alguna activitat humana, la formació d'elevades concentracions de contaminants. El RITE classifica en categories de qualitat de l'aire interior en funció dels edificis i en funció de l'ús de l'edifici o local, la categoria de qualitat de l'aire interior (IDA) que s'haurà d'aconseguir serà, com a mínim, la següent:

- IDA 1 (aire d'òptima qualitat): Hospitals, clíniques, laboratoris i guarderies.
- IDA 2 (aire de bona qualitat): Oficines, residències (locals comuns d'hotels i similars, residències d'ancians i estudiants) sales de lectura, museus, sales de tribunals, aules d'ensenyança i assimilables i piscines.
- IDA 3 (aire de qualitat mitja): Edificis comercials, cines, teatres, salons d'actes, habitacions d'hotels i similars, restaurants, cafeteries, bars, sales de festa, gimnasos, locals per a l'esport (llevat de piscines) i sales d'ordinadors.
- IDA 4 (aire de qualitat baixa).

Tenint en compte tot això, el cabal mínim d'aire exterior de ventilació necessari per arribar a les categories de qualitat d'aire interior que s'han explicat anteriorment, es calcularà en funció de la superfície dels locals no

dedicats a l'ocupació humana permanent. Per tant, en el cas de la zona de taller mecànic s'ha catalogat la zona dins de la categoria IDA 4. Seguint la taula 1.4.2.4 del RITE que queda resumida a la taula 5.10 de la present memòria, es pot veure el cabal d'aire exterior per unitat de superfície en funció de les categories:

| Categoria | $Dm^3/(s{\cdot}m2)$ |
|---|---|
| **IDA 1** | No aplicable |
| **IDA 2** | 0,83 |
| **IDA 3** | 0,55 |
| **IDA 4** | 0,28 |

**Taula 5.10.** *Cabal d'aire exterior mínim en funció de la categoria del local.*

Per tant, aplicant un factor de 0,28 $dm^3/(s{\cdot}m^2)$ i considerant la superfície de la zona del taller mecànic (538 $m^2$), el cabal mínim necessari d'aire provinent de l'exterior és de 542,3 $m^3/h$.

### *5.2.2. Ventilació de la zona d'oficines / vestíbul*

La ventilació de la zona d'oficines / vestíbul es dissenyarà mitjançant una xarxa independent de conductes, la qual extraurà i aportarà aire directament des de l'exterior. S'aportarà aire directament de l'exterior gràcies a les preses d'aire que es van ramificant per aportar l'aire necessari sobre cadascun dels elements interiors de cada sala, aprofitant-se de la xarxa de fan-coils existents. Així doncs, l'aire de renovació introduït és tractat tèrmicament per les mateixes unitats interiors, sense la necessitat de portar-lo a la unitat exterior situada a la coberta, garantint així la completa renovació d'aire d'aquestes sales.

*Justificació de la renovació d'aire*

Es catalogaran les diferents sales de la zona d'oficines de la planta altell i el vestíbul i menjador de la planta baixa en funció de les categories que remarca la taula 5.10. Tant les diferents oficines com el vestíbul/recepció, el rebedor i el menjador office, entraran dins de la categoria IDA2. Els cabals mínims d'aire necessaris per la renovació d'aire de cada sala seran els que recull la taula 5.11:

| Sala | Cabal d'aire necessari ($m^3/h$) |
|---|---|
| **Oficina Tècnica** | 116,53 |
| **Sala de Reunions** | 32,42 |
| **Rebedor** | 49,82 |
| **Oficina** | 66,99 |
| **Despatx** | 68,75 |
| **Vestíbul / Recepció** | 56,32 |
| **Menjador Office** | 28,68 |

**Taula 5.11.** *Cabal d'aire exterior necessari per garantir la renovació d'aire.*

Els conductes d'aire es dimensionaran a partir de la pèrdua de càrrega dels mateixos, així com de la velocitat de circulació de l'aire en referència al nivell sonor produït. En aquest sentit es considera un valor de velocitat de 6 m/s, la qual en funció del cabal d'aire que circula pels dos trams, s'han fixat les seccions necessàries segons l'expressió 5.5. A més, en els conductes hi constaran filtres per ratificar la puresa de l'aire exterior i la regulació d'aire exterior que entra a cada fan-coil es farà mitjançant una vàlvula per dependència.

Es dissenyaran dos conductes, un per les sales de la planta altell i l'altre per les sales de la planta baixa (vestíbul/recepció i el menjador office). El conducte de la planta altell es dimensionarà formant dos trams, el segon tram serà de secció més petita que el primer per garantir la correcte circulació de l'aire a través seu. El conducte de la planta baixa serà de tram únic.

El diàmetre interior del conducte corresponent a les sales de la planta altell serà els següent:

- $D_{tram1}$ = 18 cm
- $D_{tram2}$ = 13 cm

El diàmetre del conducte corresponent a les dues sales de la planta baixa serà els següent:

- $D_{conducte3}$ = 8 cm

# CAPÍTOL 6: INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA

## 6.1. Introducció

En aquest capítol es pretén fer una explicació del què serà la instal·lació d'acumulació i distribució de l'aigua calenta escalfada a través de les plaques solars instal·lades a la coberta de la nau industrial. Per fer-ho, s'aplicarà el Codi Tècnic de l'Edificació. En concret, es consultarà la secció HE-4 "Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària" de l'Estalvi Energètic.

L'energia solar és una energia neta i barata que pot aportar un estalvi important. La forma més senzilla i econòmica d'aprofitar l'energia solar és generant aigua calenta sanitària, denominació que s'utilitza per referir-se a l'aigua potable d'ús domèstic.

Aquesta instal·lació es dura a terme per obligat compliment de l'ordenança municipal sobre l'aprofitament d'energia solar en el terme municipal de Manresa i pel decret 21/2006 del 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. L'objecte de l'ordenança municipal és regular la incorporació de sistemes de captació i utilització d'energia solar tèrmica activa per a la producció d'aigua calenta sanitària als edificis i a les construccions situats en el terme municipal de Manresa, tant si són de titularitat pública com privada. Les determinacions de la present ordenança són d'aplicació a totes les llicències d'obres que es demanin a partir de la seva entrada en vigor, per a noves edificacions o construccions o bé per a rehabilitació integral o canvi d'ús d'edificacions preexistents. L'objectiu del decret d'ecoeficiència és el de dissenyar,

construir i utilitzar edificis des de la perspectiva de la sostenibilitat ambiental ja que la construcció i ús d'edificis a Catalunya genera més del 40% de les emissions de $CO_2$ a l'atmosfera i actualment es constata, en un gran nombre d'edificis, una tendència al creixement del consum d'energia primària provinent de fonts no renovables que pot ser reduït mitjançant la utilització d'energies renovables. Atès l'augment progressiu del consum d'aigua dels edificis i el malbaratament d'aquest recurs, cal prendre mesures per racionalitzar el consum i la reutilització de l'aigua que sigui aprofitable.

El càlcul del dimensionament de la instal·lació s'estableix sobre la base del consum d'aigua calenta al llarg de l'any (estimat), del nivell de radiació solar a l'emplaçament considerat i d'una sèrie de condicionants econòmics (cost dels captadors, intercanviador, acumulador, elements, etc.) i físics (disponibilitat d'espai per la col·locació dels captadors).

# 6.2. Components bàsics de la instal·lació

Els sistemes que confrontaran la instal·lació solar tèrmica per aigua calenta són els següents:

- Un sistema de captació, format per captadors solars, encarregat de transformar la radiació solar incident en energia tèrmica de forma que s'escalfi el fluid de treball que circula a través d'ells.
- Un sistema d'acumulació format per un dipòsit que emmagatzemarà l'aigua calenta fins que es destini el seu ús.
- Un circuit hidràulic que s'encarregui d'establir el moviment del fluid calent fins al sistema d'acumulació.
- Un sistema d'intercanvi capaç d'intercanviar l'energia tèrmica captada des del circuit dels captadors a l'aigua calenta que es consumeixi.
- Un sistema de regulació i control que s'encarrega d'assegurar el correcte funcionament de l'equip per proporcionar la màxima energia solar tèrmica possible i que actua com a protecció davant de diverses accions múltiples, com poden ser els sobreescalfaments del sistema, riscos de congelacions, etc.
- Un sistema d'energia convencional que s'utilitza per complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda prevista, garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos d'escassa radiació o de demanda superior al previst.

### *6.2.1. Sistema de captació*

El sistema de captació, estarà format per col·lectors solars. Un col·lector solar, també anomenat captador, és un dispositiu dissenyat per recollir l'energia irradiada pel sol i convertir-la en energia tèrmica. Els col·lectors utilitzats seran els de baixa temperatura i plans, formats per una caixa metàl·lica per on circularà el fluid i s'escalfarà al pas pel panell. La cara d'exposició al sol estarà coberta per un vidre molt fi.

El sol incidirà sobre el vidre del col·lector, el qual deixarà passar la major part d'energia. Aquesta energia escalfarà la placa col·lectora que, al mateix temps, es converteix en emissora de la radiació en ona llarga. Així doncs, com que el vidre és molt opac per aquestes longituds d'ona, a pesar de les pèrdues per transmissió (el vidre és un mal aïllant tèrmic), el recinte de la caixa s'escalfa per sobre de la temperatura exterior. Com més baixa sigui la temperatura de treball millor serà el rendiment dels col·lectors, ja que a major temperatura dins de la caixa (en relació amb l'exterior), majors seran les pèrdues per transmissió en el vidre.

### *6.2.2. Sistema d'acumulació*

El sistema d'acumulació estarà format per dipòsits la funció dels quals serà la d'emmagatzemar l'aigua calenta sanitària fins que es precisi el seu ús.

En el present cas, es precisarà un dipòsit acumulador/intercanviador amb serpentí fix de 300 litres de capacitat i un altre dipòsit de 200 litres de capacitat per l'energia de suport auxiliar, ja que al tractar-se de l'electricitat l'energia de suport, aquesta no es pot aplicar directament a l'acumulador solar, sinó en un altre acumulador. El segon acumulador, es col·locarà en sèrie amb l'acumulador solar.

### *6.2.3. Circuit hidràulic*

El circuit hidràulic estarà configurat per un circuit primari i un altre de secundari.

El circuit primari unirà els col·lectors amb el sistema d'intercanvi i estarà format per conductes els quals estaran encarregats de transportar el fluid escalfat des del sistema captador fins al sistema d'intercanvi, formant un circuit tancat. Es disposarà també d'un control del flux mitjançant vàlvules i bombes encarregades de controlar el moviment del fluid. Aquest fluid caloportador estarà format per una barreja d'aigua amb líquid anticongelant considerant les baixes temperatures que poguessin ocasionar problemes als conductes i als captadors.

El circuit secundari anirà des del sistema d'acumulació al sistema de recolzament d'energia convencional auxiliar. El fluid caloportador també es controlarà a través de vàlvules circulació.

Les bombes de circulació seran de tipus centrífug i estaran dimensionades per vèncer la resistència que ofereix el fluid al pas pels conductes i mantenir la pressió desitjada a cada punt del circuit.

S'instal·larà també un vas d'expansió ja que els circuits són tancats i estan sotmesos a variacions de temperatura, pressió i volum.

### *6.2.4. Sistema d'intercanvi*

El sistema d'intercanvi realitzarà la transferència d'energia tèrmica des del circuit primari a l'aigua calenta que es precisi. Aquest sistema estarà format per un intercanviador de calor, encarregat de transferir calor entre els dos circuits (primari i secundari) separats.

L'intercanvi de calor entre els dos fluids dels circuits primari i secundari es produirà quan la diferència de temperatura d'ambdós sigui l'adient. Uns termòstats regulen aquestes condicions, sent la base de la regulació del funcionament general de la instal·lació.

### *6.2.5. Sistema de regulació i control*

El sistema de regulació i control estarà encarregat de supervisar el correcte funcionament de l'equip per proporcionar la màxima energia solar tèrmica. Aquest sistema és de circulació forçada, fet que suposa un control del funcionament normal de les bombes del circuit de tipus diferencial, assegurant el correcte funcionament de la instal·lació obtenint un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar.

El sistema de control assegurarà que, en cap cas, s'arribin a temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits, i que en cap punt la temperatura del fluid de treball baixi per sota d'una temperatura de 3 ºC superior a la congelació del fluid.

### *6.2.6. Sistema d'energia convencional auxiliar*

Es disposarà d'un equip d'energia convencional auxiliar per completar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda

prevista garantint així la continuïtat del subministrament d'aigua calenta sanitària en els casos exclusius d'escassa radiació solar o demanda superior prevista.

Aquest sistema convencional està dissenyat per cobrir el servei com si no es disposés del sistema solar. Només entrarà en funcionament quan sigui estrictament necessari i de forma que s'aprofiti, el màxim possible, l'energia extreta del camp de captació.

El sistema d'energia auxiliar serà una resistència elèctrica que utilitzarà l'electricitat mitjançant l'efecte Joule. Es disposarà d'un termòstat de control de temperatura que en condicions normals de funcionament permet complir la legislació vigent en cada moment referent a la prevenció i control de la legionel·losi.

# 6.3. Zona climàtica

La nau industrial es troba al polígon industrial de Bufalvent de Manresa. Per tant, observant la figura 6.1 es pot catalogar com a zona climàtica III.

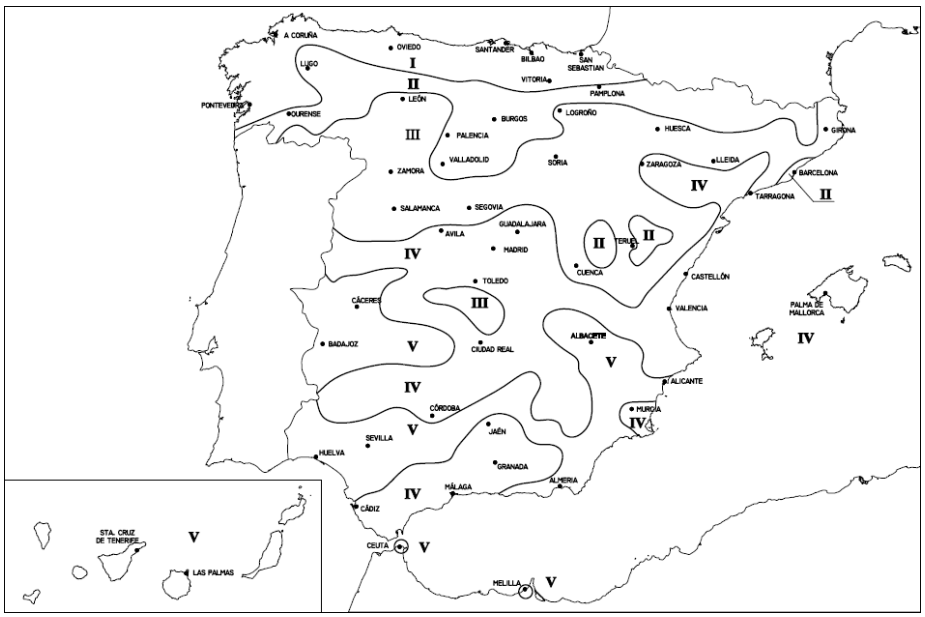



**Figura 6.1.** *Zones climàtiques.*

Les zones s'han definit tenint en compte la Radiació Solar Global mitja diària anual sobre superfície horitzontal (H), prenent els intervals que es relacionen per cada una de les zones, com s'indica a la taula 6.1:

| Zona climàtica | MJ/m² | kWh/m² |
|---|---|---|
| **I** | H < 13,7 | H < 3,8 |
| **II** | 13,7 ≤ H < 15,1 | 3,8 ≤ H < 4,2 |
| **III** | 15,1 ≤ H < 16,6 | 4,2 ≤ H < 4,6 |
| **IV** | 16,6 ≤ H < 18 | 4,6 ≤ H < 5 |
| **V** | H ≥ 18 | H ≥ 18 |

**Taula 6.1.** *Radiació solar global.*

Per tant, la radiació solar global mitja diària anual sobre superfície horitzontal serà de 13,7 ≤ H < 15,1 MJ/m$^2$ o bé 4,2 ≤ H < 4,6 kWh/m$^2$.

# 6.4. Contribució solar mínima

La contribució solar mínima anual és la fracció entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual, obtinguts a partir dels valors mensuals. A la taula 6.2 s'indica, per cada zona climàtica i diferents nivells de demanda d'aigua calenta sanitària (ACS) a una temperatura de referència de 60 ºC, la contribució solar mínima.

| Demanda total d'ACS de l'edifici (l/d) | Zona climàtica | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| 50-1.000 | 50 | 60 | 70 | 70 | 70 |
| 1.000-2.000 | 50 | 63 | 70 | 70 | 70 |
| 2.000-3.000 | 50 | 66 | 70 | 70 | 70 |
| 3.000-4.000 | 51 | 69 | 70 | 70 | 70 |
| 4.000-5.000 | 58 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 5.000-6.000 | 62 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| > 6.000 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |

**Taula 6.2.** *Contribució solar mínima en %. Cas efecte Joule.*

La contribució solar mínima serà del 70% al tractar-se d'una zona climàtica III i al ser l'electricitat mitjançant l'efecte Joule la font d'energia de recolzament.

# 6.5. Càlculs i dimensionament

La instal·lació de plaques solars s'efectua per escalfar l'aigua d'ús sanitari, ja sigui l'aigua de les dutxes dels vestuaris com la dels serveis. Els treballadors, després d'acabar el seu torn, es podran dutxar a les dutxes dels vestuaris l'aigua de les quals serà escalfada mitjançant l'energia solar tèrmica.

L'horari dels treballadors serà de 9:00 a 14:00 hores al matí i de 15:00 a 18:00 hores de dilluns a divendres. El dissabte, només es treballarà al matí, amb un horari de 9:00 a 13:00 hores. Cal tenir en compte també que els treballadors es podran quedar a dinar de 14:00 a 15:00 hores al menjador office situat a la planta baixa de la nau.

Per calcular la demanda d'ACS es consultarà la taula 3.1 del Codi Tècnic de l'Edificació, secció HE-4 "Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària" la qual queda resumida a la taula 6.3:

| Criteri de demanda | Litres ACS/dia a 60 ºC | |
|---|---|---|
| Vivendes unifamiliars | 30 | per persona |
| Vivendes multifamiliars | 22 | per persona |
| Hospitals i clíniques | 55 | per llit |
| Hotel **** | 70 | per llit |
| Hotel *** | 55 | per llit |
| Hotel/Hostal ** | 40 | per llit |
| Càmping | 40 | per emplaçament |
| Hostal/Pensió * | 35 | per llit |
| Residència (ancians, estudiants, etc.) | 55 | per llit |
| Vestuaris/Dutxes col·lectives | 15 | per servei |
| Escoles | 3 | per alumne |
| Cartells | 20 | per persona |
| Fàbriques i tallers | 15 | per persona |
| Administratius | 3 | per persona |
| Gimnasos | 20 a 25 | per usuari |
| Bugaderia | 3 a 5 | per kilogram de roba |
| Restaurants | 5 a 10 | per menjar |
| Cafeteries | 1 | per esmorzar |

**Taula 6.3.** *Demanda de referència a 60 ºC.*

Consultant la taula 6.3, per tallers i fàbriques s'estima un consum de 15 litres d'ACS al dia per persona a 60 ºC i de 3 litres d'ACS/dia per persona a 60 ºC per administratius. Per tant, si a la nau industrial hi ha un total de set treballadors de la zona del taller i tres administratius, la demanda total serà de 114 litres ACS/dia.

### 6.5.1. Càlcul de la demanda d'energia

A l'hora de calcular la demanda energètica, es pot fer a través de les següents fórmules:

$$DE_{ACS} = \frac{Ce_{aigua} \cdot n \cdot Q_{ACS} \cdot (T^a_{ref} - T^a_{AF})}{1000} \; en \; {}^{MJ}/_{mes} \quad (6.1)$$

$$DE_{ACS} = \frac{n \cdot Q_{ACS} \cdot (T^a_{ref} - T^a_{AF})}{860} \; en \; {}^{kW \cdot h}/_{mes} \quad (6.2)$$

On:

- $DE_{ACS}$ és la demanda d'ACS al mes en MJ (6.1) i kW·h (6.2).
- n és el nombre de dies del mes en consideració.
- $Q_{ACS}$ és el consum d'ACS a la temperatura de referència en l/dia.
- $Ce_{aigua}$ és el calor específic de l'aigua en J/Kg·K
- $T^a_{ref}$ és la temperatura de referència utilitzada pel consum d'ACS en ºC o ºK.
- $T^a_{AF}$ és la temperatura de l'aigua freda de la xarxa en ºC o ºK.

El balanç energètic de la instal·lació, però, s'ha calculat utilitzat el mètode *F-Chart* mitjançant una fulla de càlcul on es recullen les dades de cada província (Tª ambient de cada mes, Tª de la xarxa, radiació solar de cada mes, etc.) i s'ha anat provant iterant per cada número de col·lectors, la cobertura solar que aporten.

Manresa és la capital de comarca del Bages, situada a la província de Barcelona. Per tant, pel càlcul de l'energia necessària i l'aportació solar s'han tingut en compte les següents dades que queden recollides a la taula 6.4:

| ***Mes*** | ***Tª mínima (ºC)*** | ***Tª ambient (ºC)*** | ***H dia (MJ/m²)*** |
|---|---|---|---|
| Gener | 8 | 11 | 6,5 |
| Febrer | 9 | 12 | 9,5 |
| Març | 11 | 14 | 12,9 |
| Abril | 13 | 17 | 16,1 |
| Maig | 14 | 20 | 18,6 |
| Juny | 15 | 24 | 20,3 |
| Juliol | 16 | 26 | 21,6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Agost | 15 | 26 | 18,1 |
| Setembre | 14 | 24 | 14,6 |
| Octubre | 13 | 20 | 10,8 |
| Novembre | 11 | 16 | 7,2 |
| Desembre | 8 | 12 | 5,8 |
| **MITJA ANUAL** | **12,25** | **18,5** | **13,5** |

**Taula 6.4.** *Dades climàtiques de Barcelona.*

Les necessitats energètiques mensuals per la producció d'aigua calenta sanitària s'han calculat tenint en compte el consum mig diari de cada usuari de cada mes i el canvi de temperatura necessari per elevar la temperatura de l'aigua freda de cada mes fins una temperatura d'ús de 60 ºC. A la taula 6.5 queden reflectits els resultats d'aquesta demanda energètica:

| ***DEMANDA ENERGÈTICA (kW·h)*** | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Gen* | *Feb* | *Mar* | *Abr* | *Mai* | *Jun* | *Jul* | *Ago* | *Set* | *Oct* | *Nov* | *Des* | **ANUAL** |
| 196 | 177 | 196 | 190 | 196 | 190 | 196 | 196 | 190 | 196 | 190 | 196 | **2312** |

**Taula 6.5.** *Demanda energètica de cada mes i anual.*

### *6.5.2. Càlcul de la fracció solar*

Instal·lant un captador, s'obté una contribució solar del 67,89%. Observant la taula 6.2 corresponent a la contribució solar mínima, la contribució solar instal·lant un sol col·lector és insuficient, ja que el Codi Tècnic de l'Edificació a la seva secció HE-4 "Contribució Solar mínima d'aigua calenta sanitària" deixa ben clar que per una zona climàtica III amb una font d'energia de recolzament que sigui l'electricitat, la contribució solar mínima ha de ser del 70%.

Per tal de que la contribució solar superi aquest 70%, s'hauran d'instal·lar dos col·lectors a la coberta de la nau. El balanç energètic que aportaran es detalla a continuació:

| BALANÇ ENERGÈTIC | | | |
|---|---|---|---|
| **Mes** | **Energia necessària (kW·h)** | **Aportació Solar (kW·h)** | **Fracció Solar (%)** |
| Gener | 196 | 121 | 61,73 |
| Febrer | 177 | 146 | 82,49 |
| Març | 196 | 175 | 89,29 |
| Abril | 190 | 180 | 94,74 |
| Maig | 196 | 193 | 98,47 |
| Juny | 190 | 190 | 100 |
| Juliol | 196 | 196 | 100 |
| Agost | 196 | 196 | 100 |
| Setembre | 190 | 185 | 97,37 |
| Octubre | 196 | 163 | 83,16 |
| Novembre | 190 | 129 | 67,89 |
| Desembre | 196 | 124 | 63,27 |
| **ANUAL** | **2309** | **1998** | **86,53** |

**Taula 6.6.** *Fracció solar instal·lant dos col·lectors.*

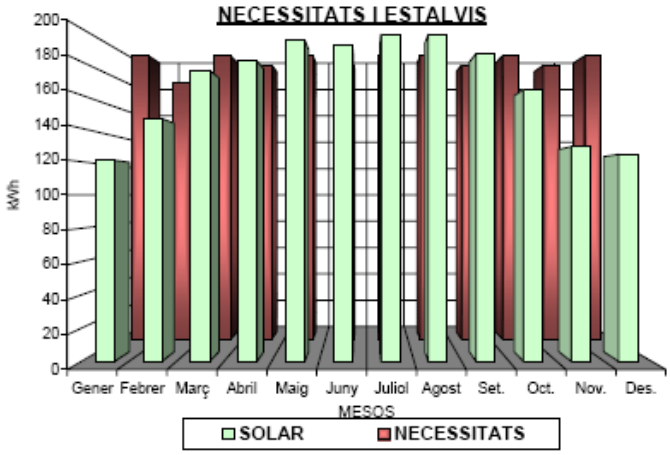



**Figura 6.2.** *Representació gràfica de la fracció solar.*

Així, la instal·lació solar dimensionada estarà formada per dos col·lectors, segons s'indica en els plànols adjunts a l'annex, connectats hidràulicament en sèrie. El circuit global resultant estarà equilibrat hidràulicament.

### *6.5.3. Elecció dels col·lectors*

Com s'ha dit en anterioritat, el mètode de càlcul utilitzat és una simulació amb una fulla de càlcul utilitzant el mètode F-Chart. Aquest mètode proporciona unes previsions de d'aportació energètica enfront de les necessitats previstes.

S'ha utilitzat també, tant el CTE com el plec de condicions tècniques d'instal·lacions de baixa temperatura d'IDAE on s'especifiquen els criteris que expliquen els condicions i relacions correctes entre el consum d'aigua calenta (M), el volum total d'acumulació (V) i la superfície total de captació (A).

Així doncs, s'ha procedit a escollir el tipus de col·lector més adient i que respongués a aquests casos. El col·lector triat ha estat el *OTS2000PI* de la casa "*Oliva i Torras Solar Energy*" i se n'instal·laran dos. Les característiques d'aquests col·lectors es detallen a la taula 6.6:

| ***Característiques tècniques col·lector OT2000PI*** | |
|---|---|
| **Dimensions** | 207 x 107 x 12 cm |
| **Àrea** | 2,54 $m^2$ |
| **Pes** | 49 Kg |
| **Temperatura màxima operació** | 190 ºC |
| **Capacitat fluid caloportador** | 1,4 litres |
| **Coberta** | Vidre solar extraclar imprès/ Baix contingut Fe/ Espessor 4 mm |
| **Tractament selectiu** | Miro-Therm per PVD<br>Alumini (coef. absorció solar = 0,94)<br>Coef. Emissió a Tª 100 ºC = 0,05 |
| **Aïllament** | Poliuretà de 30 mm/ Llana de roca mineral 50 mm |
| **Pressió màxima treball** | 10 bar |
| **Pressió de control** | 20 bar |
| **Cabal recomanat** | 80 – 100 l/h |

**Taula 6.6.** *Característiques tècniques del col·lector OT2000PI de Oliva i Torras.*

**Figura 6.3.** *Imatge del col·lector solar OT2000PI.*

Al costat dels col·lectors es col·locarà un aeroterm dissipador d'energia la funció del qual serà evitar un excés de calor als col·lectors tant en èpoques de gran aportació solar i baixa demanda de calor com per averies o altres factors.

### *6.5.4. Distribució dels col·lectors*

Per la distribució dels col·lectors, es considera la direcció SUD com a orientació òptima i la millor inclinació ($\beta_{òptima}$) depenent del període d'utilització, un dels valors següents:

- Consum constant anual: la latitud geogràfica.
- Consum preferent a l'hivern: la latitud geogràfica + 10º.
- Consum preferent a l'estiu: la latitud geogràfica – 10º.

Tenint en compte aquests consells, els col·lectors estaran situats a la coberta de la nau i la seva distribució serà la següent:

- Inclinació: 41º respecte l'horitzontal.
- Desviació respecte el sud (azimut): 0º.
- Orientació: SUD.

### *6.5.5. Orientació, inclinació i ombres*

L'orientació i inclinació del sistema de captació i les possibles ombres sobre el mateix seran tals que les pèrdues respecte a l'òptim siguin inferiors a les marcades a la taula 6.7.

| | *Orientació i inclinació (OI)* | *Hombres (H)* | *Total (OI+H)* |
|---|---|---|---|
| General | 10% | 10% | 15% |
| Superposició | 20% | 15% | 30% |
| Integració arquitectònica | 40% | 20% | 50% |

**Taula 6.7.** *Pèrdues per orientació, inclinació i ombres màximes.*

Es considera integració arquitectònica quan els col·lectors compleixen una doble funció energètica i arquitectònica i, a més, substitueixen els elements constructius convencionals. Es considera que existeix superposició quan la col·locació dels col·lectors es realitza paral·lela a l'envolvent de l'edifici, no aceptant-se en aquest concepte la disposició horitzontal de l'absorbidor, amb la finalitat d'afavorir l'auto neteja dels col·lectors.

### *6.5.6. Volum de l'acumulador*

El dimensionament del volum de l'acumulador ha d'acomplir amb la condició que queda recollida a l'expressió 6.3. Així doncs, s'escollirà un acumulador de 300 litres i es comprovarà la condició que s'ha de complir, per l'aplicació d'ACS:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (6.3)$$

On:

- V és el volum del dipòsit d'acumulació solar en litres.
- A és la suma de les àrees dels captadors en $m^2$.

Els dos col·lectors tindran una secció útil de 5,08 $m^2$ (2,54 $m^2$ cada col·lector) i el volum del dipòsit d'acumulació solar serà de 300 litres, complint-se així la condició de la fórmula 6.3.

### *6.5.7. Disseny de l'intercanviador de calor*

Segons el càlcul del volum de l'acumulador del punt 6.5.6, s'ha optat per escollir un tipus d'acumulador que porta l'intercanviador de calor incorporat. S'ha escollit d'aquesta manera per tal de buscar una millor senzillesa en quant a la instal·lació i preu. Així doncs, el sistema d'acumulació + intercanviador de calor escollit ha estat *l'ATI acumulador d'ACS amb serpentí fixe*, les característiques del qual queden recollides a la taula 6.8:

| **ATI acumulador d'ACS amb serpentí fix** | |
|---|---|
| **Dades Tècniques** | ATI 300 |
| **Volum (l)** | *300* |
| **Altura (mm)** | *1455* |
| **Diàmetre (mm)** | *650* |
| **Pes (kg)** | *116* |
| **Pressió màxima de treball (bar)** | *8* |
| **Pressió màxima de prova (bar)** | *10* |
| **Temperatura màxima (ºC)** | *95* |
| **Espessor aïllant (mm)** | *50 rígid* |
| **Superfície transmissió de calor ($m^2$)** | *1,5* |
| **Pressió màxima de treball (bar)** | *9* |
| **Pressió màxima de prova (bar)** | *12* |
| **Temperatura màxima (ºC)** | *110* |

**Taula 6.8.** *Característiques de l'acumulador + intercanviador de calor.*

### *6.5.8. Característiques del circuit hidràulic*

Tal i com s'ha explicat a l'apartat 6.2.3, el circuit hidràulic estarà format per un circuit primari i un circuit secundari. El circuit primari unirà els col·lectors amb el sistema d'intercanvi i estarà format per conductes els quals estaran encarregats de transportar el fluid caloportador, format per aigua i anticongelant, des del sistema captador fins al sistema d'intercanvi, formant un circuit tancat. Per la seva part, el circuit secundari anirà des del sistema d'acumulació al sistema de recolzament d'energia convencional auxiliar.

- *Fluid caloportador*

A l'hora d'escollir la barreja d'aigua i d'anticongelant que conformarà el fluid caloportador es determinaran les dades climàtiques de Manresa.

Manresa està situada a 238 metres per sobre del nivell del mar i gaudeix d'un clima entre mediterrani i continental. La temperatura mínima absoluta registrada és de -15º el gener del 1971 i els hiverns solen ser freds. Es calculen nevades de 2 vegades cada hivern i registra neus matinals a les matinades d'inversió tèrmica a l'hivern amb una mitjana de gelades de 75 dies anuals.

Per tant, el fluid caloportador estarà dimensionat per suportar 5 graus per sota la temperatura mínima registrada (-21ºC). El fluid caloportador, doncs, serà una barreja d'aigua amb anticongelant del tipus propilenglicol amb un percentatge del 40% de la mescla.

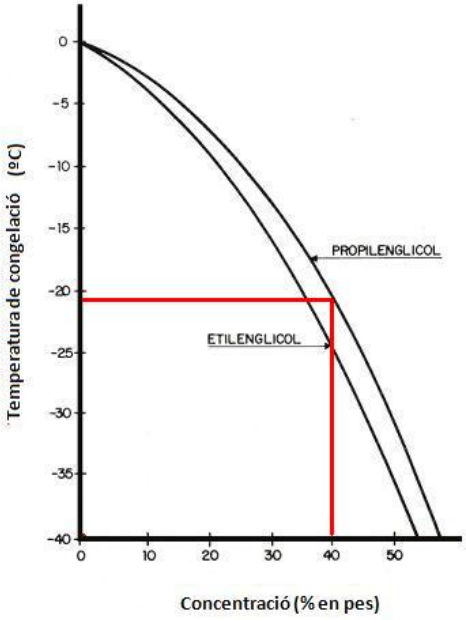



**Figura 6.4.** *Percentatge d'anticongelant en funció de la temperatura mínima.*

- *Cabal*

El càlcul del cabal del circuit primari es pot calcular a partir del cabal unitari per $m^2$ del col·lector, de la seva superfície i del nombre total de col·lectors, tal i com mostra la fórmula 6.4.

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N \quad (6.4)$$

On:

- Q és el cabal total del circuit [l/h]
- $Q_{captador}$ és el cabal unitari del captador [l/(hm$^2$)]
- A és la superfície d'un captador solar [m$^2$]
- N és el nombre de captadors en paral·lel, suposant que el cabal d'una sèrie equival a un únic captador.

El cabal del fluid caloportador es pot determinar també seguint les especificacions del fabricant. Segons aquest, s'estima un cabal de 100 l/h per col·lector o el que vindria a ser el mateix, de 0,1 $m^3$/h.

S'ha de tenir en compte, però, que aquest cabal recomanat és en el cas que el fluid sigui l'aigua. En el present cas, aquest valor s'haurà de dividir per la calor específica de la mescla d'aigua i d'anticongelant propilenglicol i multiplicar-lo pel nombre de col·lectors solars. Tenint en compte tot això, el cabal d'aigua i d'anticongelant és de 0,23 $m^3$/h.

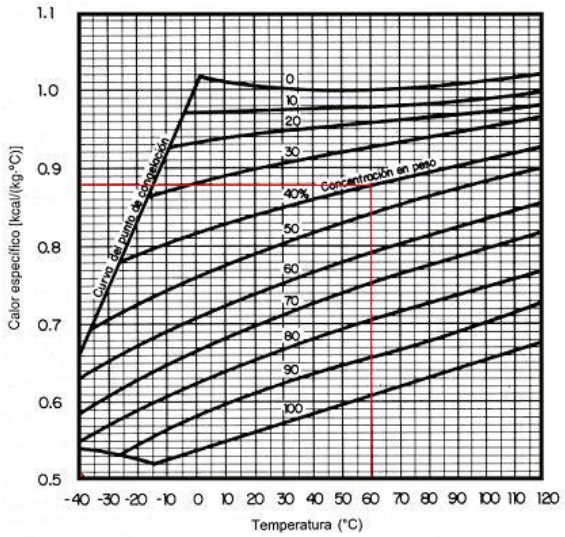



**Figura 6.5.** *Calor específic per una mescla de 60% aigua i 40% propilenglicol.*

- *Conductes*

El traçat dels conductes serà amb retorn invertit per garantir que el cabal es distribueixi uniformement entre els captadors, amb sistemes antiretorn per evitar la circulació inversa del fluid. El material utilitzat pels conductes serà el coure.

Les pèrdues de càrrega en els conductes de la instal·lació serà tal que:

- La pèrdua de càrrega per metre lineal de conducte no superarà els 40 mil·límetres de columna d'aigua.
- La velocitat de circulació del líquid serà inferior a 1,5 m/s.
- La pèrdua total de càrrega en el circuit primari no superarà els 7 metres de columna d'aigua.

Per calcular el diàmetre dels conductes de coure, s'utilitzarà la següent fórmula:

$$D = j \cdot C^{0,35} \quad (6.5)$$

On:

- D és el diàmetre en cm.
- j = 2,2 en conductes metàl·lics.
- C és el cabal expressat en $m^3/h$.

Aplicant la fórmula 6.5 surt un diàmetre de 13,2 mm. S'escollirà la canonada de coure normalitzada de 14/16 mm amb un espessor d'1 mm i es comprovaran les 3 condicions anteriorment marcades per comprovar que la canonada està ben dimensionada.

Per calcular la pèrdua de càrrega per fregament i la velocitat del fluid caloportador es consultarà l'àbac de la figura 6.6 que relaciona les pèrdues de càrrega en mmca i la velocitat en m/s del fluid en funció del diàmetre interior de la canonada i el seu cabal.

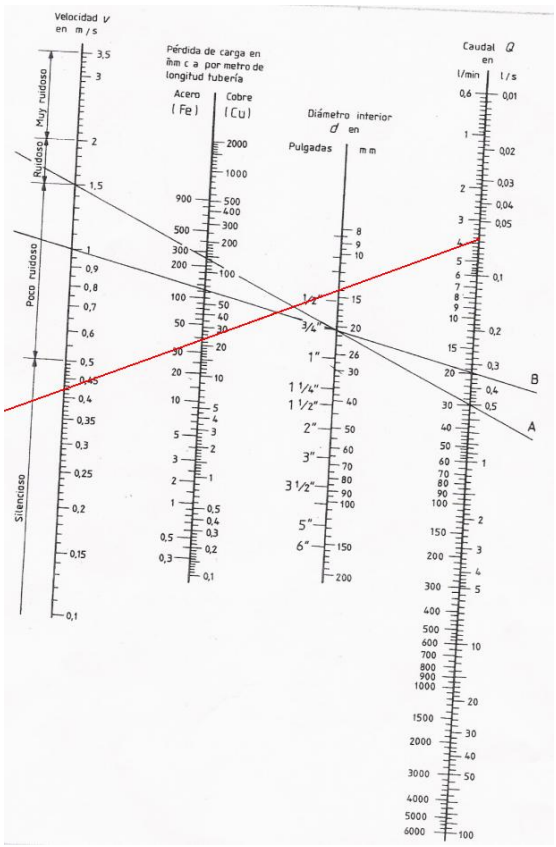



**Figura 6.6.** *Àbac per determinar la pèrdua unitària per fregament en canonades d'acer.*

Per tant, per un cabal de 0,23 $m^3/h$ (3,83 litres/minut) i un diàmetre interior de 14 mm, les pèrdues de càrrega són de 22,5 mmca i una velocitat de circulació de 0,42 m/s. Com que el fluid caloportador és una mescla d'aigua i anticongelant, s'aplicarà un factor corrector en funció de la viscositat de la dissolució i la de l'aigua a una temperatura considerada de 60ºC. Per tant, la pèrdua de càrrega per metre lineal de conducte resultant és de 32,38 mmca considerant-se acceptable ja que no supera els 40 mmca per metre lineal de conducte.

Per calcular les pèrdues de càrrega totals del circuit primari de la instal·lació, es determinaran les pèrdues per fregament dels conductes i les pèrdues de càrrega dels elements singulars. Per arribar a determinar la pèrdua de càrrega d'aquests elements es reduirà cadascun a una longitud equivalent de canonada. Les longituds equivalents dels elements de la instal·lació queden explicats a la taula 6.9:

| *Element* | *Quantitat* | *Longitud equivalent (m)* | *TOTAL (m)* |
|---|---|---|---|
| Colzes 90º | 11 | 1,5 | 16,5 |
| Derivació en T | 13 | 2,2 | 28,6 |
| Vàlvula antiretorn | 1 | 2 | 2 |
| Vàlvules de bola | 8 | 1 | 8 |
| Entrada acumulador | 1 | 1,5 | 1,5 |
| Sortida acumulador | 1 | 1 | 1 |
| Vàlvula 3 vies | 1 | 1 | 1 |
| **TOTAL** | | | **58,6** |

**Taula 6.9.** *Determinació de les longituds equivalents dels elements de la instal·lació solar d'ACS.*

La longitud resultant referent als elements de la instal·lació sumada a la longitud total de les canonades del circuit primari, fa un total de 88,6 metres. Tenint en compte que la pèrdua de càrrega per metre lineal de canonada és de 32,38 mmca, la pèrdua de càrrega total del circuit primari de la instal·lació és de 2,87 mca, garantint així que la pèrdua total de càrrega en el circuit primari no supera els 7 metres de columna d'aigua.

- *Bombes de circulació i vàlvules*

Les bombes de circulació seran de tipus centrífug destinades a mantenir la pressió desitjada en qualsevol punt de la instal·lació i venceran la resistència del fluid al pas pel conducte. Aquestes bombes es situaran a les zones més fredes del circuit i en un tram de conducte preferentment vertical.

S'instal·laran vàlvules antiretorn, de bola i de tres vies. Les vàlvules antiretorn forçaran a circular el fluid en una direcció, evitant així la circulació en sentit contrari. Les vàlvules de bola regularan el flux canalitzat i seran tarades a una pressió que garanteixi que en qualsevol punt del circuit no es superi la pressió màxima de treball dels components. Les vàlvules de tres vies també regularan la circulació del fluid segons el moment, les quals estaran controlades per una senyal elèctrica provinent de les sondes de temperatura, actuant sobre el mecanisme hidràulic.

Per consultar la ubicació de les bombes i vàlvules, es pot consultar el plànol número 11 referent a l'esquema de connexió.

- *Vas d'expansió*

El vas d'expansió es col·locarà a la part baixa, directament a l'acumulador ja que els circuits estan sotmesos a variacions de temperatura, pressió i volum. La seva funció serà absorbir l'augment de volum que es produeix a l'expandir-se per escalfament el fluid caloportador.

Per calcular el dimensionat del vas d'expansió, s'utilitzarà la fórmula que es mostra a continuació:

$$V = V_t \cdot (0{,}2 + 0{,}01 \cdot h) \quad (6.5)$$

On:

- V és el volum del vas d'expansió.
- Vt és la capacitat total del circuit primari.
- h és la diferència d'alçada entre el punt més alt del camp dels col·lectors i del vas d'expansió.

Per calcular la capacitat total del circuit primari es calcularan els volums equivalents dels elements que conformen el circuit, és a dir, el volum dels col·lectors, de l'intercanviador/acumulador i de les canonades. Segons el fabricant, la capacitat del fluid caloportador a través dels col·lectors serà d'1,4 litres per cada col·lector, formant un total de 2,8 litres. En quan a

l'intercanviador/acumulador, segons les característiques tècniques d'aquest, la capacitat és d'1,5 litres. Per calcular el volum de les canonades, es determinarà fent el producte de la secció d'aquestes multiplicades per la longitud del circuit primari. El volum total d'aquestes serà de 4,62 litres. Per tant, el resultat total del volum del circuit primari és de 8,92 litres.

Aplicant l'equació 6.5 i tenint en compte que l'alçada entre el punt més alt del camp dels col·lectors i el vas d'expansió és de 5,75 metres, el volum del vas d'expansió serà de 2,3 litres.

- *Purgadors*

En tots aquells punts de la instal·lació on pugui quedar-hi aire acumulat, es col·locaran sistemes de purga constituïts per recipients d'evacuació d'aire i purga automàtics. Per tant, es col·locarà un purgador al punt més alt de la instal·lació, al costat de les plaques solars.

### *6.5.9. Equip de regulació i control*

El sistema de regulació i control s'encarregarà de supervisar el correcte funcionament de l'equip per proporcionar la màxima energia solar tèrmica. Aquest sistema disposarà dels següents elements:

- Equip de control.
- Sondes de temperatura
- Vàlvules.

Les sondes de temperatura són uns sensors capaços de mesurar la temperatura física i transformar-la en variables elèctriques. Les sondes instal·lades donaran informació de la temperatura en que es troba el fluid i supervisar el sistema.

L'equip de control actuarà i estarà ajustat de manera que les bombes no es posin en funcionament quan la diferència de temperatures sigui menor de 2 ºC i no estiguin parades quan la diferència sigui major de 7 ºC.

Cal afegir que l'equip de control estarà format per una centraleta que tindrà un ampli control de les bombes i vàlvules tant del circuit primari com secundari. També, el sistema de control i de sondes de temperatura assegurarà que, en cap cas, s'arribin a temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits.

### *6.5.10. Descripció del sistema d'energia auxiliar*

El sistema d'energia auxiliar està dissenyat per cobrir el servei com si no es disposés del sistema solar. Només entrarà en funcionament quan sigui necessari i de forma que s'aprofiti, el màxim possible, l'energia extreta del camp de captació.

El sistema d'energia auxiliar serà una resistència elèctrica que utilitzarà l'electricitat mitjançant l'efecte Joule. La resistència elèctrica estarà en un segon acumulador el qual es connectarà en sèrie amb l'acumulador/intercanviador.

# CAPÍTOL 7: IMPACTE AMBIENTAL

S'entén per impacte ambiental l'efecte que produeix una determinada acció humana sobre el medi ambient en els seus diferents aspectes. El concepte pot extendre's, amb poca utilitat, als efectes d'un fenomen natural catastròfic. Tècnicament és la alteració de la línia base, degut a l'acció antròpica o a efectes naturals.

Les accions humanes, motivades per la consecució de diversos objectius, provoquen efectes col·laterals sobre el medi ambient. Mentre els efectes perseguits solen ser positius, almenys pels qui promouen l'actuació, els efectes secundaris poden ser positius i, més sovint, negatius.

## 7.1. Objectiu de l'estudi

L'objectiu principal de l'estudi és el de reduir la quantitat de residus emesos a l'atmosfera, tot prenent les mesures bàsiques i informant al personal sobre la gestió dels residus, millorant-la i adequant-la, fent ús de materials reutilitzables i reciclables.

Aquest apartar ajudarà a buscar un millor aprofitament dels materials, buscant una major sostenibilitat del medi ambient i una minimització de la quantitat de residus generats.

Es pretendrà també una amplia selecció dels residus sòlids tot classificant-los i dipositant-los en el corresponent contenidor.

# 7.2. Resum de l'avaluació

- Identificar els efectes que pot causar un projecte sobre el medi ambient.
- Estimar les magnituds dels efectes.
- Prevenir els efectes sobre el medi ambient, evitant-los o minimitzant-los.

L'estudi ha de permetre establir propostes d'accions de protecció a l'ambient i la correcció o mitigació de les alteracions que puguin produir-se. Es busca que es garanteixi, de la millor manera possible, l'equilibri i les característiques de l'ambient després de la posta en marxa de les propostes i, col·lateralment, preservar la salut i el benestar del treballador.

# 7.3. Mesures a aplicar

- Es realitzarà un manteniment de tota la maquinària de la present nau a fi de reduir la contaminació acústica.
- Suport a les energies renovables (Instal·lació solar tèrmica d'ACS).
- Selecció de lluminàries de baix consum.
- Instal·lació bateria de condensadors per compensar l'energia reactiva.
- Control de la puresa de l'aigua.
- Ús de materials reciclables i ecològics.
- Utilització de paper ecològic.
- Recollida i processament del paper, cartró, plàstics, etc.
- Recollida de residus orgànics.
- Gestió d'envasos.
- Utilització del refrigerant propilenglicol en el fluid caloportador referent a la instal·lació d'ACS per la toxicitat d'altres líquids refrigerants.

# CAPÍTOL 8: PRESSUPOST

| | | |
|---|---|---|
| INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA | - | 61970,31€ |
| INSTAL·LACIÓ CONTRA INCENDIS | - | 1675,9€ |
| CLIMATITZACIÓ I VENTILACIÓ | - | 23368,29€ |
| INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA ACS | - | 9065,13€ |
| 16% IVA | - | 15372,74€ |
| **TOTAL** | **-** | **111452,37€** |

(CENT ONZE MIL QUATRE-CENTS CINQUANTA-DOS EUROS AMB TRENTA-SET CÈNTIMS)

Amb una vigència de SIS mesos

# CAPÍTOL 9: BIBLIOGRAFIA

## 9.1. Referències bibliogràfiques

Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió, aprovat pel Reial Decret 842/2002 del 2 d'agost del 2002 i les seves Instruccions Tècniques Complementàries.

Guia Tècnica d'Aplicació del Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials, aprovat pel Reial Decret 2267/2004, del 3 de desembre.

Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en edificis, aprovat pel Reial Decret 1826/2009 del 27 de novembre de 2009.

Codi Tècnic de l'Edificació (Decret 314/2006).

Atles de Radiació Solar a Catalunya (Edició 2000).

Guia FACEL de cables elèctrics

Plec de condicions Tècniques d'Instal·lacions de baixa temperatura (Instal·lacions d'Energia Solar Tèrmica)

## 9.2. Adreces web de consulta

http://www.metmann.com

http://www.mitsubishielectric.es

http://www.elaireacondicionado.com

http://www.schneiderelectric.es/

http://edison.upc.edu/curs/llum/

http://www.olivatorras.com/

http://www.construmatica.com/