

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Instal·lació de climatització d'una sala blanca - Sales de mostreig

Document: 1. Memòria

Alumne: Ferran Sala Soler

Tutor: Lino Montoro Moreno

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Setembre/2019

ÍNDEX

MEMÒRIA	4
1. INTRODUCCIÓ	5
1.1. ANTECEDENTS	5
1.1.1. Peticionari	5
1.1.2. Entorn i distribució	5
1.1.3. Exposició del problema	5
1.2. OBJECTE DEL PROJECTE	5
1.3. REQUERIMENTS I ABAST	6
1.3.1. Requeriments	6
1.3.2. Abast del projecte	7
2. SOLUCIÓ PROPOSADA	8
2.1. DESCRIPCIÓ DE LES SALES BLANQUES	8
2.2. OBJECTIU DE CADA SALA	9
2.3. CARACTERÍSTIQUES DE SALES	10
2.3.1 Dimensions de les sales	10
2.3.2 Condicions de les sales	10
3. TANCAMENTS	13
3.1. PANELLS	13
3.2 PERFILARIA I REMATARIA SANITÀRIA	16
3.3 ACCESSOS	16
4. CONDICIONS DE CÀLCUL	18
4.1 CONDICIONS EXTERIORS	18
4.2 CONDICIONS INTERIORS	18
5. MÈTODE DE CÀLCUL	24
5.2 NECESSITATS TÈRMiques	24
5.2.1 Condicions climàtiques interiors i exteriors	24
5.2.2 Caudals de fuga	25
5.2.3 Selecció d'unitats terminals	26
5.2.4 Condicions de mescla UTA	27
5.2.5 Condicions d'impulsió UTA	29
5.2.6 Dimensionament bateria UTA	29
5.2 XARXA DE CONDUCTES: CABALS, DIMENSIONS, VELOCITATS I PÈRDUES DE CÀRREGA	30

5.4. CANONADES: CABALS, DIMENSIONS, VELOCITATS I PÈRDUES DE CÀRREGA	31
6. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓ, CLIMATITZACIÓ I FILTRATGE	33
7. SISTEMA HVAC	37
7.1 UNITAT DE TRACTAMENT D'AIRE	37
7.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓ D'AIRE	39
7.3 SISTEMA DE DIFUSIÓ D'AIRE	41
7.3.1 Difusors	41
7.3.2 Cabina de fluxe laminar	41
7.3.3 Reixes	42
7.3.4 Filtres	42
7.4 ELEMENTS DE REGULACIÓ I CONTROL	43
7.4.1 Comportes manuals	43
7.4.2 Interruptor diferencial de pressió	43
7.4.3 Transmissor de pressió diferencial	43
7.4.4 Indicador de pressió diferencial	44
7.4.5 Sonda de temperatura i humitat	44
7.4.6 Quadre elèctric de potència i control	44
8. INSTAL·LACIÓ HIDRÀULICA	45
8.1 REFREDADORA PER LA PRODUCCIÓ DE FRED I CALOR	45
8.2 DIPÒSIT D'INÈRCIA	46
8.3 XARXA DE CANONADES	48
8.4 ACCESSORIS	49
8.5 CONNEXIONS	49
8.6 PUNT D'OMPLERTA	50
8.7 PUNT DE BUIDATGE	50
8.8 AÏLLAMENT	51
8.9 INTERCANVIADORS	52
8.10 VAS D'EXPANSIÓ	53
8.11 ELEMENTS DE REGULACIÓ I CONTROL	54
8.11.1 Sondes de temperatura i pressió	54
8.11.2 Fluxòmetre	55
8.11.3 Vàlvules	55
8.11.4 Purgadors	56
8.11.5 Comptador	56
12. QUALIFICACIONS DE SALES BLANQUES	57
12.1 URS: REQUERIMENTS D'USUARI	57
12.2 DQ: QUALIFICACIÓ DE DISSENY	58

12.3 IQ: QUALIFICACIÓ D'INSTAL·LACIÓ	58
12.4 OQ: QUALIFICACIÓ D'OPERACIÓ	59
12.4.1 Mesura de velocitats	59
12.4.2 Comptatge de partícules	60
12.4.3 Temperatura i humitat relativa	62
12.4.4 Pressió diferencial	62
13. NORMATIVA	64
14. RESUM DEL PRESSUPOST	69
16. CONCLUSIONS	70
16. RELACIÓ DE DOCUMENTS	71
17. BIBLIOGRAFIA	72
18. GLOSSARI	73

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

1.1.1. Peticionari

Laboratoris dedicats a la investigació i producció de fàrmacs pels sector de la veterinària, ubicats a la població de Reus, província de Tarragona.

1.1.2. Entorn i distribució

El centre ubicat en un entorn rural, el sector pel qual produeix els seus fàrmacs, està distribuït en dues plantes. La planta superior destinada a la producció de fàrmacs i la planta inferior destinada a la recepció i envasat d'aquests. Tot el centre ha de complir amb les estrictes normatives europees i la certificació de bones pràctiques de fabricació pel tal evitar la contaminació dels seus productes i garantir la seva bona qualitat.

1.1.3. Exposició del problema

Com hem citat anteriorment la planta baixa està destinada a la recepció i envasat de productes, la qual el client necessita ampliar degut a l'augment de la recent demanada i com a conseqüència de la producció i adequar-la a la normativa vigent.

1.2. Objecte del projecte

A sol·licitud dels laboratoris es procedirà a elaborar un projecte, l'objecte del qual és dissenyar les instal·lacions i tractament d'aire de la nova zona de mostreig destinada a la recepció de productes, per tal d'obtenir i garantir les condicions ambientals i higièniques necessàries requerides per aprovar les diverses validacions que certifiquen que les instal·lacions són aptes i compleixen amb la normativa vigent.

1.3. Requeriments i abast

1.3.1. Requeriments

Tema	O/D	Descripció
Espais	O	1. Sala mostreig 2. SAS material 3. SAS personal
Dimensions	D	1. Sala mostreig: 3,6x2,75x2,6m (Llargada x Amplada x Alçada) 2. SAS material: 2,8x2,35x2,6m (Llargada x Amplada x Alçada) 3. SAS personal: 2,8x1,15x2,6m (Llargada x Amplada x Alçada)
Condicions ambientals	O	Temperatura : 22°C ± 2°C Humitat: 55% ± 5% Pressió: 10, 20 o 30Pa ± 3Pa
Normativa	O	<ul style="list-style-type: none"> • GMP's • UNE-EN ISO 14644
Control	D	Manual
Vida útil	D	10 anys

Manteniment	D	Anual
Costos	D	50.000 €
Seguretat	O	Protecció contra incendis

Taula 1. Requeriments d'usuari.

1.3.2. Abast del projecte

Es lliuraran els documents necessaris per construir les sales blanques complint amb els requeriments imposats pel client en l'apartat anterior com són mides i condicions ambientals. A continuació es detallarà el disseny i desenvolupament de les sales blanques, que inclourà càlculs, planells, materials, qualificacions, pressupost, tot complint amb les normatives indicades anteriorment per tal d'aprovar totes les qualificacions que donaran validesa al projecte.

2. SOLUCIÓ PROPOSADA

2.1. Descripció de les sales blanques

Entenem per sala blanca zones que requereixen d'un exhaustiu control de la qualitat de l'aire, controlant i intentant minimitzar la quantitat de partícules en suspensió per evitar així la contaminació dels productes a tractar. Normalment són sales destinades a la manipulació i envasat de productes, generalment del sector farmacèutic o alimentari, un altre exemple el trobem en hospitals.

Per complir amb les necessitats d'una sala blanca necessitem del sistema globalment conegut com HVAC, que consisteix en un sol sistema que inclou instal·lació de climatització, ventilació i filtratge de partícules dels espais en qüestió, tot complint amb els estàndards internacionals, com són GMP's i ISO.

Aquestes diverses àrees a controlar es classifiquen en funció de la quantitat de partícules en suspensió desitjades i alhora segons la pressió en sala, d'aquesta manera evitem la transmissió de possibles bacteries d'una sala a l'altra i amb conseqüència la contaminació dels productes a manipular. Aplicant una correcta distribució de pressions podem dissenyar el recorregut desitjat, per exemple, evitar el pas de bacteries des de la sala SAS personal a la sala de manipulació de productes. D'aquesta manera garantim la seguretat durant el recorregut entre sales que realitzi el producte i/o els treballadors.

A més a més per afavorir la no acumulació de brutícia als espais, s'han de tenir en compte diversos aspectes constructius, un d'ells és la instal·lació de panell llis en comptes del tradicional grecat, hem d'evitar la seva instal·lació ja que degut a la superfície exterior esglaonada de que disposa afavoreix l'acumulació de brutícia no desitjada i complica les tasques de neteja. Una segona característica dels panells a destacar és que han de disposar de pas d'instal·lacions pel seu interior, principalment instal·lació elèctrica. Aquest es realitza mitjançant la unió tubular entre panells, els seus extrems estan acabats en femella-femella, per tant per garantir la seva unió al llarg del seu perfil hem d'intercalar un tub normalment de secció quadrada i és aquest el que ens permetrà alhora el pas de petites instal·lacions, com hem dit abans normalment l'elèctrica.

Un altre aspecte important a tenir en compte és l'aplicació de perfilaria i remataria sanitària al llarg de totes les unions constructives entre paret-sostre, paret-terra i paret-paret, amb la qual

cosa obtindrem cantonades arrodonides que minimitzen l'acumulació de brutícia i alhora són més fàcils de netejar, minimitzant així els efectes al producte a manipular.

En quan als accessos a sala cal destacar que les portes cal que siguin bienrasades al panell que forma la paret, a més a més aquestes han de disposar d'una petita finestra, de dimensions aproximades 600x400mm, de la mateixa manera el seu muntatge ha de ser bienrasat a la porta, amb el mateix objectiu que la resta d'aspectes esmentats, evitar o minimitzar l'acumulació de brutícia i facilitar la neteja de la instal·lació. A més les portes estaran dotades d'un sistema de control format per un enclavament electromagnètic, un semàfor amb un lluminós verd i vermell que indicarà l'estat de l'enclavament, es pot considerar normalment obert o normalment tancat, i un polsador d'obertura d'emergència en cas de necessitat. En capítols posteriors aprofundirem en el seu funcionament.

Un altre aspecte bàsic per reduir el nombre de partícules en suspensió és la instal·lació de filtres de classificació elevada tan per la unitat exterior de tractament d'aire com les unitats interiors terminals, garantint així un correcte filtratge de l'aire d'aportació i retorn.

Tots aquests aspectes i d'altres els tindrem en compte al portar a terme l'ampliació de la primera planta, destinada a la recepció i envasat de productes com poden ser matèries primeres i producte acabat, degut a l'augment de la producció, concretament l'ampliació inclou una sala de mostreig, un SAS de material i un SAS de personal.

2.2. Objectiu de cada sala

Concretament nosaltres actuarem sobre tres sales, dues de les quals es denominen SAS, aquestes són zones de pas, el seu objectiu és garantir les condicions de les sales on es manipulen els productes durant la transferència del producte o bé persones quan aquests passen d'una zona a l'altra.

Aquestes es classifiquen en SAS de pas, ventilat i biològic. Els SAS de pas com hem dit són àrees que eviten la contaminació en ambdues direccions sense utilitzar un sistema de filtració d'aire. El SAS ventilat, com diu la pròpia paraula a més a més de compartir les mateixes característiques que un SAS de pas, inclou un sistema de ventilació amb filtratge d'alta eficàcia per tal d'obtenir un ambient desinfectat i net. El SAS biològic, disposa de la capacitat de neutralitzar biològicament els materials.

La tercera sala que acondicionarem es tracta d'una sala de mostreig, apart de la pròpia sala en ella hi trobarem una cabina de flux laminar vertical per protegir i aïllar millor el producte durant el propi procés de mostreig, pesada i fraccionament. Per protegir l'entorn, aquesta estarà sotmesa a depressió amb un retorn a la part inferior.

2.3. Característiques de sales

2.3.1 Dimensions de les sales

A la següent taula es detallen les característiques dimensionals de les sales a climatitzar:

Número Sala	Nom Sala	Superfície (m ²)	Altura (m)	Volum (m ³)
1	Sala mostreig	9,9	2,6	25,74
2	SAS Material	6,6	2,6	17,16
3	SAS personal	3,2	2,6	8,32

Taula 2. Superfícies i volum de les sales a tractar.

Aquests valors seran utilitzats posteriorment per portar a terme els càlculs per la renovació de l'aire de cada sala que ens permetran definir equips i accessoris de difusió i distribució d'aire, juntament amb els equips de tractament d'aire i sistema de producció de fred.

2.3.2 Condicions de les sales

A la següent taula es detallen les condicions ambient de cada sala:

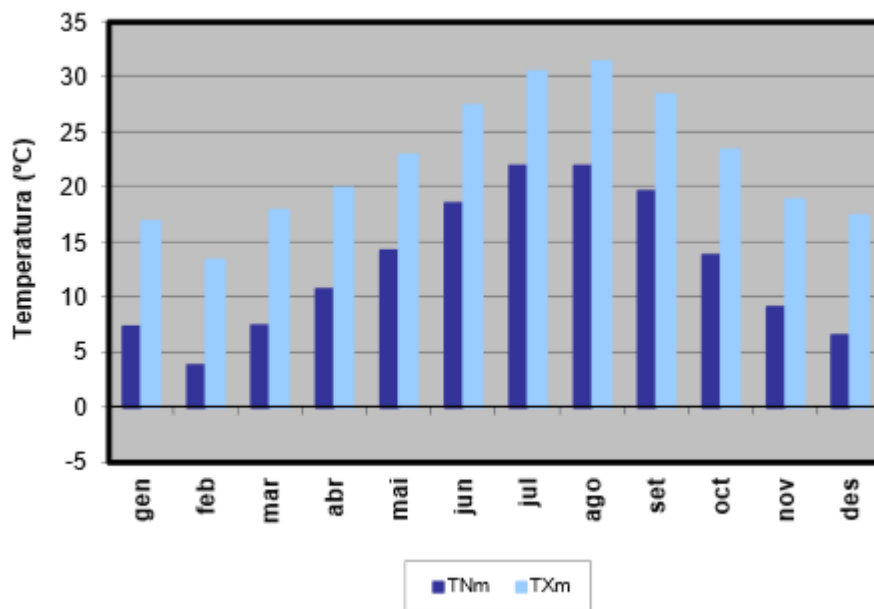
Condicions	Interior	Exterior Estival	Exterior Hivernal
Temperatura (°C)	22 ± 2	32	-1,2
Humitat relativa (%)	55 ± 5	53	82,1
Pressió (Pa)	10, 20 o 30	-	-

Taula 3. Condicions ambient de cada sala

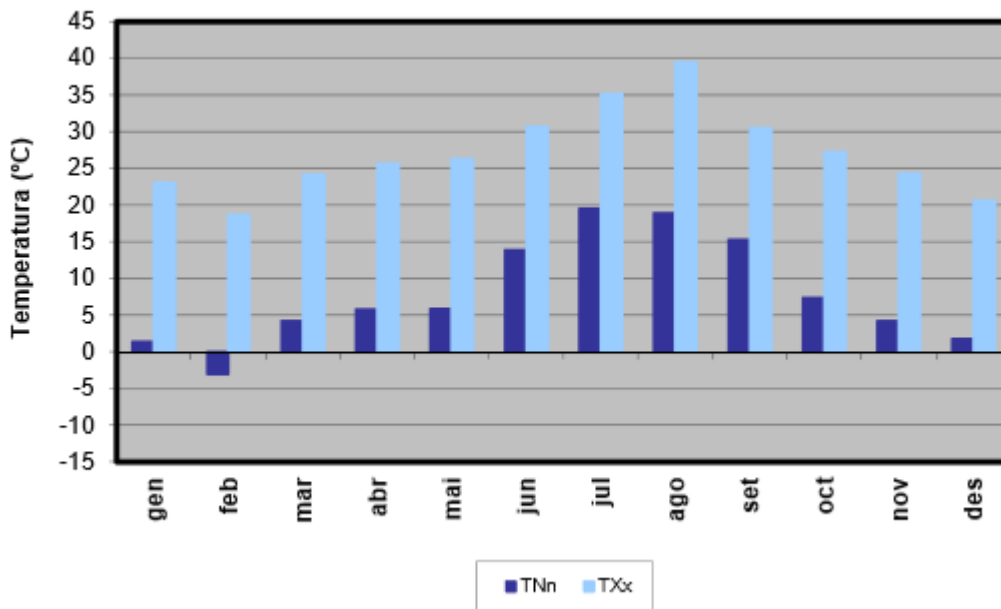
Igual que els anteriors, aquests valors seran utilitzats per futurs càlculs de difusió, distribució i tractament d'aire, i el sistema de producció de fred.

Els valors interiors de cada sala són els requerits pel client. Per contra els valors exteriors seleccionats s'han extret de la recopilació de dades durant l'any 2018 pel Servei Meteorològic de Catalunya, més conegut com a Meteocat. Prenent com a referència la capital de comarca,

Tarragona, població en el registre més pròxima a les instal·lacions ubicades concretament a la població de Reus. A continuació podem veure les gràfiques de valors de temperatura mínima i màxima absoluta i la mitjana.



Gràfica 1. Temperatures mínimes i màximes mitjanes mensuals de Tarragona.



Gràfica 2. Temperatures mínimes i màximes de Tarragona.

Observant la primera gràfica, gràfica 1, de temperatures mitjanes mensuals podem afirmar que els nostres valors seleccionats pel dimensionament dels equips cobreixen el 100% dels mesos per donar garanties de correcte funcionament, tot hi que observant la gràfica 2 podem

veure com en dies puntuals es superen els valors per la selecció d'equips, en el cas del més d'Agost hi ha pics de temperatura pròxims als 40°C, per contra al mes de Febrer hi ha mínimes inferiors als 0°C, de totes maneres cobrim pràcticament el 100% dels dies anuals. A més a més dimensionar els equips pel dia més crític de l'any suposaria un increment molt important del pressupost no justificat, i en molts casos rebutjat pel client.

Per confirmar les dades, s'han comprovat les condicions ambient provinents d'una altra font fiable com és el IDAE, entitat pública dedicada a la diversificació i estalvi de l'energia, la qual disposa de bases de dades de les condicions climàtiques de la població on s'ubiquen les instal·lacions a dimensionar, la població de Reus. A continuació es detallen les condicions:

Condicions	Exterior Estival	Exterior Hivernal
Temperatura (°C)	32	-1,2
Humitat relativa (%)	53	82,1
Pressió (Pa)	-	-

Taula 4. Condicions climàtiques de Reus

La resta de paràmetres meteorològics i les taules completes estan exposats en les taules a l'Annex A.1.

2.3.3 Horaris de funcionament

A diferència de les instal·lacions frigorífiques, aquestes no han de mantenir temperatures baixes de sala durant tot el dia per conservar productes, per tant el seu horari de funcionament estarà basat en garantir les condicions durant la jornada de treball, que generalment anirà de 7 del matí a les 6 de la tarda. S'ha de tenir en compte però que per garantir les condicions de sala la instal·lació s'haurà d'activar prèviament, durant un cert temps, ja sigui de manera manual o automàtica mitjançant programació horària.

3. TANCAMENTS

Per la construcció de les sales blanques que es projecten s'han de tenir en compte el compliment de les normatives GMP i ISO.

3.1. Panells

L'estructura bàsica d'un panell Sandwich està formada per dues xapes d'acer d'entre 0,4 i 0,6mm, aquestes es poden rematar amb diversos acabats exteriors, ja sigui lacat o altres recobriments anticorrosius, en funció del producte a tractar, ambients corrosius, entre d'altres. Entre les dues xapes hi haurà el nucli format de material aïllant. N'existeixen de varis tipus, els més coneguts i utilitzats són els aïllants injectables, com són els PIR i PUR. Com hem dit aquests són aïllants injectables, la seva avantatge és la baixa conductivitat tèrmica i baix cost, per contra no garanteixen una uniformitat al llarg de tota la superfície del panell. Existeixen alternatives com la llana de roca, que ofereixen millors prestacions principalment en quan a la resistència al foc, pot arribar fins a una resistència EI-180, com a conseqüència però té un elevat cost.

A continuació podem veure la taula de classificació de resistència al foc en funció del material aïllant. Per portar a terme la classificació s'ha considerat la utilització de xapa d'acer de 0,6mm d'espessor com a acabat superficial més comú i una densitat de 40kg/m³.

Aïllament	UNE 23727	EN 13501-1
Llana de roca	M0	A2s1d0
PIR	M1	Bs1d0/Bs2d0/Bs3d0
PUR	M1	Bs2d0/Bs3d1

Taula 5. Resistència al foc dels aïllaments comuns

Com podem observar existeixen diverses normatives amb nomenclatures varies que classifiquen els materials aïllants front a la seva reacció davant el foc.

La norma UNE 23727-1990 els agrupa en funció de la seva reacció des de menor a major reacció: M0 (no flama), M1 (poca flama, menor a 5 segons de combustió), M2 lleugerament inflamable, M3 més inflamable i M4 inflamable.

La norma UNE EN 13501-1:2002 ordena els materials aïllants en funció de la reacció, la quantitat de fum i les partícules inflamades. En funció de la reacció els ordena de millor a pitjor comportament des del A1, A2, B, C, D, E fins a la F. En funció de la quantitat de fum que

produeixin, els anomena S1, quan la velocitat i quantitat d'emissió és baixa; S2, quan la velocitat i la quantitat d'emissió es mitja; S3, quan la velocitat i quantitat d'emissió de fums és alta. En funció de la quantitat de partícules inflamades els ordena en d0, quan no genera gotes; d1, quan genera gotes durant un temps superior a 10s; d2, no classificat.

Els aïllants de poliuretà PIR i PUR comparteixen bon part de la composició química, a diferència però el PIR està format amb major percentatge de isocianat que li confereix millors propietats. Els principals avantatges que presenta el PIR són, bona estabilitat tèrmica en un major rang de temperatures que es comprenen entre els -200°C i $+120^{\circ}\text{C}$, per contra el PUR és estable en un rang menor d'entre -150°C i $+80^{\circ}\text{C}$. A més a més el PIR presenta una major resistència al foc i genera menys fum en cas d'incendi. El principal avantatge del PUR és un cost menor, això fa que hi hagi més tendència a la instal·lació d'aquest últim ja que ofereix característiques similars a millor preu.

Un aspecte bàsic a tenir en compte alhora de seleccionar el panell i com hem exposat en capítols anteriors, per la construcció de les sales blanques cal utilitzar-lo de tipus farmacèutic, és a dir, amb acabat llis per reduir al mínim la possibilitat d'acumulació de brutícia i facilitar les tasques de neteja del mateix, per contra la utilització de panell grecat format per lames de diverses profunditats dificultaria les tasques de neteja i alhora propicia l'acumulació de brutícia en cantonades, cosa que volem evitar. Per tant no és l'adequat en ambients on es premia la qualitat de l'aire, aquest és comunament utilitzat en cambres frigorífiques, amb l'avantatge de tractar-se d'un producte més econòmic.

Una altra característica a tenir en compte alhora d'escollir el panell és l'espessor del mateix. N'existeixen una gran varietat al mercat, els espessors més comuns van des de 40mm als 120mm, tot hi que podríem trobar valors inferiors i superiors, els inferiors manquen de garanties estructurals a partir de determinades longituds o altures, per altra banda els superiors van acompanyats d'un elevat cost no justificat que poques vegades el client estarà disposat a pagar. En funció de la temperatura desitjada a cada servei utilitzarem un espessor o altre, és una relació inversament proporcional, és a dir, a menor temperatura major haurà de ser l'espessor a utilitzar, per tant per temperatures de servei positives superiors als 5°C com poden ser obradors on es treballa amb unes condicions de temperatura d'entre 8°C i 12°C seria suficient amb utilitzar els panells de menor espessor d'entre 40-60mm. Per serveis de conservació amb temperatures positives d'entre 5°C i 0°C és adequat l'ús d'espessors d'entre 60-100mm. Per serveis de congelació on trobem temperatures inferiors als 0°C lo adequat seria la utilització d'espessors d'entre 100 i 120mm per garantir les condicions.

Els panells es presenten amb unes mides estàndard, d'amplada 1.180mm o 1.150mm depenent del fabricant, i la longitud serà la requerida pel client en funció de l'altura de cambra o llargada de sostre/terra. Un cop definides les dimensions cal seleccionar el tipus d'unió o muntatge entre panells. Bàsicament n'existeixen dos tipus, unió mascle-femella, l'extrem del panell mascle sobresurt amb una forma triangular que encaixa a l'altre extrem femella, en forma invertida cap a l'interior del panell. Com a element extra de la unió mascle-femella existeix la possibilitat d'utilitzar la unió mitjançant ganxo, hi ha diverses possibilitats, utilitzar un cargol de doble rosca que uneixi els dos extrems de cada panell, primerament es colla a un panell, s'uneixen i s'enrosca a l'altra panell des de l'exterior amb l'ús d'una clau Allen, o l'altre sistema és instal·lar un ganxo a la part superior del panell que s'introdueix a l'extrem oposat. Amb aquest millorem l'estructura de la paret de panell.

La unió femella-femella, els dos extrems disposen d'un canal interior en forma de U i s'encaixa un tub de PVC o metàl·lic de secció quadrada entre les dues canals, aquest alhora permet el pas de petites instal·lacions, característica ideal per les sales blanques que permet obtenir unes superfícies llises, lliures d'obstacles o instal·lacions com tub PMFIX, canaletes, entre d'altres per passar cablejats. Tot hi així no és d'obligatorietat realitzar la construcció de les sales blanques amb aquest tipus de muntatge, si que és necessari però en unions amb portes o finestres per tal d'aconseguir que aquestes quedin bi-enrasades i no sobresurtin creant possibles punts d'acumulació de brutícia i difícil neteja.

El panell per portar a terme la construcció de les diverses sales de la ampliació del centre consta de les següents característiques indicades a la taula 4:

Espessor de panell (mm)	Tipus d'aïllant	Densitat (kg/m³)	Espessor de xapa (mm)	Acabat exterior	Classificació al foc	Tipus de muntatge
60	- PUR: panell vertical - PIR: panell horitzontal sostre	40	0,6	Lacat blanc i llis	- Bs3d0 i Bs2d0: panells verticals - Bs1d0: panell horitzontal	- Mascle-Femella - Femella-Femella amb tub metàl·lic

Taula 6. Característiques dels panells de la instal·lació

3.2 Perfil·laria i remataria sanitària

Per portar a terme la construcció de les noves cambres mitjançant panell serà necessari instal·lar conjuntament diversos accessoris pels correctes acabats. En aquest cas la perfil·laria s'instal·la en totes les unions que podem trobar en una cambra, com són: terra-vertical, vertical-vertical, vertical-sostre. La perfil·laria es compon de perfil en forma de U, segons l'espessor de panell, s'instal·la a tot el perímetre de la base de la cambra i s'hi encaixa el panell. Perfil·laria en forma de L, s'instal·la en cantonades com unions verticals-sostre, per tant s'instal·la en tot el perímetre superior, en la unió entre parets i sostre, tant per l'interior com l'exterior de la cambra. També en cantonades on es produeix una unió vertical-vertical entre parets, per tant s'instal·larà en totes les cantonades interiors i exteriors, d'aquesta manera no deixem a la vista "cantos" vius i unions. Per aconseguir un bon segellat aplicarem silicona especial per sales blanques a totes les juntes i unions.

Finalment per donar un bon acabat visual a tota aquesta perfil·laria cal instal·lar perfil sanitari en forma de mitja lluna. Aquest perfil corbat de PVC l'instal·larem a tot el perímetre inferior, superior i cantonades verticals.

3.3 Accessos

Seguint amb la mateixa característica dels panells, els quals és necessari que siguin en acabat llis per evitar l'acumulació de brutícia i dificultar la seva neteja, caldrà que totes les portes d'accés juntament amb tots els accessoris com poden ser finestres de porta o paret, el muntatge de tots aquests han de ser bi-enrasats pel mateix motiu. Per aconseguir un muntatge bi-enrasat caldrà utilitzar el muntatge femella-femella explicat anteriorment, el qual mitjançant un perfil de secció quadrada unirem els dos extrems aconseguint una superfície sense relleus.

En sales blanques d'ambient controlat, és imprescindible també el control dels accessos mitjançant enclavaments electromagnètics. És a dir si una sala de pas com poden ser les nostres dos SAS disposen d'un mínim de dues portes, aquests eviten que aquestes es puguin obrir les dues alhora (obertura simultània), a excepció d'una situació d'emergència on aquestes disposaran d'un pulsador d'obertura d'emergència per cas extrem de necessitat. Amb aquest sistema obliguem als manipuladors a tancar la primera porta per poder obrir la segona i poder entrar a la sala de treball, així garantim que no hagi contaminació durant el transcurs d'una sala a l'altra i que aquesta pugui repercutir en el producte. A més a més per saber de l'estat de la porta aquestes disposaran d'un semàfor format de dos lluminosos tipus LED, color verd o vermell, en estat oberta o tancada corresponentment. En el nostre cas considerarem les portes en estat normalment obert. Utilitzant aquest sistema en cas d'obertura

d'una de les portes la resta d'enclavaments s'activaran a través d'un PLC i evitarà que es puguin obrir la resta de portes de la sala. Amb aquest sistema evitarem el pas de contaminants, partícules etc d'unes sales a les altres.

En el nostre cas instal·larem dues portes pivotants de servei, de dimensions 2.040x830 mm (Altura x Amplada), amb ànima de poliuretà d'espessor 60mm i classificació M1, acabada amb marc d'alumini. Com hem dit s'instal·laran de manera bi-enrasada. Seran acabades amb color blau RAL 5015, segons sol·licitud. A més a més de dues portes ràpides enrotllables, que s'instal·laran una per accedir des de l'exterior a la sala SAS Materials i una segona per accedir des de aquesta a la sala de Mostreig. La seva funció serà la de facilitar l'entrada de material transportat amb palets. Estaran formades per una lona de PVC amb nylon, classe M2 ignífuges, amb una finestra i acabades amb color blau igual que les pivotants.

4. CONDICIONS DE CàLCUL

A continuació es detallen les taules de valors necessàries per portar a terme l'estudi.

4.1 Condicions exteriors

A la següent taula s'especifiquen les condicions exteriors de la població on s'ubica la instal·lació de Reus (aeroport), dades extretes del Servei meteorològic de Catalunya i l'entitat pública IDAE.

Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (m)
41°08'59"	01°10'44"E	68

Taula 7. Situació de la població

Condicions	Exterior Estival	Exterior Hivernal
Temperatura (°C)	32	-1,2
Humitat relativa (%)	53	82
Pressió (Pa)	-	-

Taula 8. Condicions climàtiques exteriors

4.2 Condicions interiors

El client ens ha requerit les condicions interiors de sala reflectides en la taula següent:

Condicions	Sala de mostreig	SAS Material	SAS Personal
Temperatura (°C)	22 ± 2	22 ± 2	22 ± 2
Humitat relativa (%)	55 ± 5	55 ± 5	55 ± 5
Pressió (Pa)	20	10	10

Taula 9. Condicions interiors de sala requerides

A més a més de les condicions ambient, en sales blanques és bàsic definir la classificació de sala desitjada, que ens marcarà el nombre de partícules en suspensió i utilitzar un sistema de filtratge de major o menor qualitat, tan mateix seguint la normativa definirem el nombre de renovacions per hora de cada sala per complir amb la classificació desitjada. Si el client és especialista del sector o està assessorat pel corresponent serà ell mateix qui definirà la classificació desitjada, en cas que no tingui el coneixement suficient i no disposi

d'assessorament, serà el propi projectista qui decidirà quina classificació li pertoca a cada sala, sempre amb la posterior aprovació del client. En el cas que sigui el projectista qui hagi de decidir la classificació que li correspon a cada sala, sempre i quan sigui possible partirà del criteri de designar classificació menor possible segons les característiques i funció de la sala, per tal d'obtenir una instal·lació amb un cost econòmic lo més baix possible i poder oferir al client una solució econòmica que s'ajusti a les seves necessitats reals.

Existeixen varies normatives que classifiquen les sales, principalment dues. Aplicant la normativa establerta per l'Organització Internacional de Normalització (ISO), per les sales blanques correspon la norma ISO 14644, aquesta tracta diversos aspectes de les sales blanques, com són classificació, assajos, disseny, construcció, posada en marxa, funcionament, entre d'altres. El capítol ISO 14644-1 les classifica segons la qualitat de l'aire en funció de la concentració de partícules per metre cúbic i d'una dimensió determinada, de menor a major nombre de partícules en suspensió i de menor a major dimensió de les partícules, classifica les sales des de ISO 1 fins a 9, com podem observar a la taula següent:

Número de clasificación <i>N</i> de ISO	Valor máximo de la concentración de partículas (partículas por metro cúbico de aire) igual o mayor a los tamaños indicados en el cuadro inferior (los límites de la concentración están calculados de acuerdo con la ecuación (1) en 3.2)					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
Clase ISO 1	10	2	–	–	–	–
Clase ISO 2	100	24	10	4	–	–
Clase ISO 3	1 000	237	102	35	8	–
Clase ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	–
Clase ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Clase ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Clase ISO 7	–	–	–	352 000	83 200	2 930
Clase ISO 8	–	–	–	3 520 000	832 000	29 300
Clase ISO 9	–	–	–	35 200 000	8 320 000	293 000

NOTA – Inseguridades relacionadas con el proceso de medición requieren que en la información de la concentración no se utilicen más de tres cifras para determinar el nivel de la clasificación.

Taula 10. Classificació de sales blanques en funció de la concentració de partícules en suspensió segons normativa ISO

Existeix una segona normativa de sales blanques, aquesta s'anomena Normes de Correcta Fabricació globalment conegudes com Good Manufacturing Practices (GMP), d'obligatori compliment per la indústria farmacèutica, aquesta marca les directrius dels estàndards de qualitat en la fabricació de medicaments. Classifica les sales blanques a partir del mateix criteri que la ISO, és a dir, màxima concentració de partícules en suspensió de mida igual o superior a la indicada. El grau de classificació va de menor a major nombre de partícules en suspensió

des de classe A fins a D i les diferència de en repòs i en funcionament, talua de classificació adjunta a continuació:

	Número máximo de partículas de tamaño igual o superior al indicado en la tabla permitido por m ³			
	En reposo		En funcionamiento	
Grado	0,5 µm	5 µm	0,5 µm	5 µm
A	3.520	20	3.520	20
B	3.520	29	352.000	2.900
C	352.000	2.900	3.520.000	29.000
D	3.520.000	29.000	Sin definir	Sin definir

Taula 11. Classificació de sales blanques en funció de la concentració de partícules en suspensió segons normes GMP

Cal dir que la norma ISO és molt més restrictiva en comparació a la GMP, ja que té un rang de dimensions de partícules major i una dimensió de partícules inferior, va des de dimensions 0,1 µm, passant per 0,2, 0,3, 0,5, 1 i 5 µm. En canvi les GMP's només disposa de dues mides de partícules 0,5 µm i 5 µm.

Existeix la següent relació establerta entre les dues normatives, el grau de classificació A en la normativa GMP equival a una ISO 4.8, aquesta última indica el límit de la mida de partícula igual o superior a 5,0 µm. El grau B en repòs és equivalent a la ISO 5, el grau C en repòs i en funcionament equival a la ISO 7 i 8 respectivament. Per últim el grau D de les GMP's en repòs equival a la ISO 8.

Un cop assignada la classificació a cada sala, seguint amb la normativa ISO 14644 ens determinarà quin tipus de flux d'aire i filtre correspon a cada sala, indicats en la següent taula:

Tipos de ventilación y filtros (UNE-EN ISO 14644)						
Clasificación ^{b)} ISO	8	7	6	5	4	3
Tipos habituales de ventilación	Flujo turbulento TF o flujo mixto M (combinación entre flujo laminar de bajo índice de turbulencia LF y flujo turbulento TF)			Flujo laminar de bajo índice de turbulencia LF		
Prefiltros habituales, 1ª etapa	M5	M5	M5	M5 / F7	M5 / F9	M5 / F9
Filtros secundarios habituales, 2ª etapa	F7	F9	F9	E11	H13	H13
Filtros finales habituales	E11 / H13	H13	H13	H14	U15	U16
Periodo máximo permitido entre pruebas de comprobación del nivel de colmatación del filtro	12	12	12	6	6	6
Periodo máximo permitido entre ensayos habituales y ensayos opcionales - estanqueidad de los filtros	24	24	24	24	24	24

Taula 12. Flux d'aire i filtres en funció de la classificació de sales blanques

A més a més la classificació de la sala ens indica el valor clau pel dimensionament dels sistemes HVAC, és a dir, les renovacions d'aire de la sala per hora indicades a la següent taula:

Ejemplos de salas blancas en industria microelectrónica (UNE-EN ISO 14644-4)						
Clasificación ^{b)} ISO	8	7	6	5	4	3
Tipo de ventilación	TF ó M	TF ó M	TF ó M ^{c)}	LF	LF	LF
Velocidad media del aire ^{d)}	no indicado	no indicado	no indicado	entre 0.2 y 0.5	entre 0.3 y 0.5	entre 0.3 y 0.5
Renovaciones de aire por hora ^{e)}	entre 10 y 20	entre 30 y 70	entre 10 y 160	no indicado	no indicado	no indicado

Taula 13. Renovacions d'aire per hora en funció de la classificació de les sales

Per tant la decisió de la classificació de sala desitjada serà clau per la selecció dels nostres equips de filtratge d'aire, i definir les renovacions d'aire de sala, aspecte clau que ens influirà en el dimensionament de la totalitat de la instal·lació.

A la taula següent s'indiquen les condicions interiors de sala en funció de la classificació designada a cada una:

Sales	Classificació ISO	Classificació GMP	Flux	Filtres	Nº renovacions hora
Sala mostreig	8	D	Turbulent	F9	20
SAS Material	8	D	Turbulent	F9	20
SAS Personal	8	D	Turbulent	F9	20

Taula 14. Condicions interiors de sala en funció de la classificació

En el cas que haguéssim de passar d'un sala de menor a major classificació, caldrà disposar d'una sala d'enllaç entre les dues de la mateixa classificació que la superior. En el nostre cas les tres sales disposaran de la mateixa classificació com es pot veure en la taula anterior.

A la sala de mostreig però trobem una peculiaritat, i és que en aquesta s'instal·larà una cabina de fluxe laminar per portar a terme el mostreig i pesada d'aquestes, tot garantint unes condicions d'ambient excepcionals, millors que la resta de sales. A continuació adjuntem la taula de característiques corresponent a les condicions interiors d'aquesta cabina, ja que a diferència, aquestes han de complir amb una ISO 5 i 70 renovacions/hora, és per aquest motiu que els fan filters de que disposa estaran equipats amb filtres d'alta eficiència.

Sales	Classificació ISO	Classificació GMP	Flux	Filtres	Nº renovacions hora
Cabina de mostreig	5	B	Laminar	H14	70

Taula 15. Condicions interiors de cabina de mostreig en funció de la classificació

Un altra condició interior de sala independent de la seva classificació és la pressurització. Depenent del disseny de planta ens interessarà que l'aire d'una sala no entri en un altre de millor classificació, o que l'aire exterior no entri a les instal·lacions. En aquest cas amb pressió relativa l'exterior tindria un valor de 0 Pa, la primera sala d'entrada tindria valor +10 Pa i la segona sala amb classificació més elevada també tindria la pressió més elevada +20 Pa per evitar l'entrada d'aire i la contaminació del producte. D'aquesta manera ens assegurem que mai l'aire de menor qualitat passarà a un espai de major qualitat d'aire. Per última cabina de fluxe laminar compartirà el mateix valor de pressió que la pròpia sala. De totes maneres si que es podria donar el cas que una sala de millor qualitat d'aire on s'hi manipulen productes contaminants no interessi que aquell aire surti d'aquella sala. Per complir amb aquest objectiu caldria una pressió més elevada per totes les sales contigües. A continuació s'indiquen les pressions de sala a la taula adjunta:

Sales	Pressió (Pa)
Sala de mostreig	20
SAS Material	10
SAS Personal	10
Cabina mostreig	20

Taula 16. Pressions interiors de sala

5. MÈTODE DE CÀLCUL

5.2 Necessitats tèrmiques

En aquest subapartat veurem el sistema de càlcul d'una sala blanca i la diferència amb el càlcul de càrregues tèrmiques d'una instal·lació frigorífica convencional, a més a més de demostrar el perquè no s'utilitza el sistema de càlcul convencional en una sala blanca.

Pel correcte dimensionament i posterior selecció de la unitat de tractament d'aire, caldrà definir diversos aspectes clau, com són: la potència frigorífica i calorífica de la bateria i el cabal d'aire a impulsar pel ventilador.

5.2.1 Condicions climàtiques interiors i exteriors

Primerament és imprescindible definir les condicions ambient exteriors on s'ubiquen les instal·lacions i les condicions interiors de sala requerides pel client.

Partint de la base de dades del IDAE, es seleccionen els valors de la població de Reus que disposen d'un percentil més elevat, equivalents a la mitjana, ja que tal com hem comentat anteriorment dimensionar els equips pel dia més desfavorable de l'any suposa un increment important de la inversió no justificat, l'objectiu és el de poder garantir les condicions el major nombre de dies oferint la mínima inversió possible. En el nostre cas com es pot observar a la taula de condicions climàtiques exteriors de Reus (Aeroport) adjunta a l'Annex A.1, disposem d'unes condicions exteriors hivernals de $-1,2^{\circ}\text{C}$ i $82,1\%$ d'humitat relativa. En quan a condicions estivals ens proporcionen la temperatura seca de 32°C i la temperatura humida de $24,6^{\circ}\text{C}$. Aplicant aquests dos valors a un diagrama psicomètric obtindrem la humitat relativa exterior del 53% en època estival. Amb els valors de temperatura i humitat completarem la taula de condicions obtenint les entalpies en època estival, hivernal i interior de sales, indicades a la següent taula (veure representació a diagrama psicomètric a l'Annex A.2) :

Condicions	Sales blanques	Estiu	Ivern
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22 ± 2	22 ± 2	22 ± 2
Humitat relativa (%)	55 ± 5	55 ± 5	55 ± 5

Pressió (Pa)	20	10	10
Entalpia (kJ/kg)	45	74	6

Taula 17. Condicions climàtiques

5.2.2 Caudals de fuga

Total sala disposa d'obertures com per exemple les portes que provoquen un caudal de fuga ja que el seu tancament no és completament estanc. Aplicant la següent fórmula obtindrem el diversos caudals de fuga de cada porta que formen les nostres sales:

$$Q = 0,83 \cdot A \cdot P \cdot 3600 \quad (\text{Eq.1})$$

On:

Q: Caudal de fuga (m^3/h)

A: Àrea fuga (m^2)

P: Diferència de pressió (Pa)

Les portes que componen les sales a projectar disposen del següent cabal de fuga en funció de la seva dimensió:

Tipo d'obertura	Caudal de fuga (m^3/h)
Porta pivotant (2x0,8)m	187
Puerta ràpida (2,2x1,5)m	576

Taula 18. Caudals de fuga portes

En funció de les portes de que disposi cada sala, unes es dirigiran a l'exterior, d'altres provindran d'una altra sala amb major pressió, per tan, hi hauran fugues que entraran a una determinada sala i d'altres fugues que en sortiran d'aquesta, dependrà de la diferència de pressions entre sales i entre sales i l'exterior. Aplicant aquests criteris obtenim els següents caudals de fuga:

	Caudal de Fuga [m3/h]
--	------------------------------

Sales	Inlet (Entrada -)	Outlet (Sortida +)	Total
SALA MOSTREIG	0	763	763
SAS MATERIAL	-576	576	0
SAS PERSONAL	-187	187	0

Taula 19. Caudals de fuga sales

Tot hi calcular les fugues de portes, sempre es realitzarà un càlcul de fugues del 10% del cabal de renovacions obtingut dels valors coneguts volum de sala i renovacions/h. El valor més gran dels dos cabals de fuga calculats es sumarà al cabal de renovacions per aconseguir el cabal total d'impulsió. A partir d'aquí seleccionarem els difusors necessaris per complir amb el cabal calculat, a continuació es realitzarà el sumatori del cabal dels difusors seleccionats i aconseguirem el cabal total real de que ha de disposar la UTA. Dividint el cabal nominal de cada sala per el seu volum s'obtindrà el nombre real de renovacions/hora, que ha de ser igual o superior al que indica la normativa.

Sales	10% cabal fuga	Cabal de càlcul Total Impulsió [m³/h]	Cabal Nominal UTA [m³/h]	Ren/hora Reals
SALA MOSTREIG	51	1278	1200	47
SAS MATERIAL	34	376	600	35
SAS PERSONAL	17	184	600	72
Totals	102	1838	2400	

Taula 20. Renovacions per hora de cada sala

Amb el cabal nominal de la UTA determinem el Cabal total que ha d'impulsar el ventilador de que disposa, 2.400 (m^3/h).

5.2.3 Selecció d'unitats terminals

A continuació podem veure la taula resum de la selecció de les unitats terminals d'impulsió i retorn, corresponents als difusors i les reixes corresponentment:

Sala	Cabal instal·lat difusors [m ³ /h]	Cabal per difusor [m ³ /h]	Difusors VDW 600 m ³ /h
SALA MOSTREIG	1200	600	2
SAS MATERIAL	600	600	1
SAS PERSONAL	600	600	1

Taula 21. Dimensionament difusors impulsió

Sales	Caudal extracció [m ³ /h]	Àrea efectiva necessària [m ²] RETORN a 2,5m/s	Dimensions reixes retorn	Quantitat	Cabal Real [m ³ /h] A 2,5 m/s
SALA MOSTREIG	1200	0,1333	1225x325	1	1200
SAS MATERIAL	600	0,0667	625x325	1	600
SAS PERSONAL	600	0,0667	625x325	1	600

Taula 22. Dimensionament reixes retorn

5.2.4 Condicions de mescla UTA

L'aire impulsat a través de la UTA serà el resultat de la mescla d'un percentatge d'aire de retorn i un percentatge d'aire net de l'exterior. Tot depèn de la quantitat de cabal de fuga que pateix la instal·lació en qüestió, és a dir, a més cabal de fuga, menys aire de retorn i per tan major percentatge d'aire net exterior necessitarà la UTA per garantir impulsar el cabal necessari. Cal destacar que les condicions de l'aire de retorn seran iguals o molt similars, a les condicions de sala, degut a l'elevada i continua renovació d'aire. Cal determinar el percentatge de fuga per portar a terme el càlcul.

A continuació es detallen les condicions de l'aire a mesclar:

Condicions aire net	Exterior Estival	Exterior Hivernal
Temperatura (°C)	32	-1,2
Humitat relativa (%)	53	82
Entalpia (kJ/kg)	74	6

Taula 23. Condicions climàtiques aire net exterior

Condicions aire retorn	Retorn Estival	Retorn Hivernal
Temperatura (°C)	24	20
Humitat relativa (%)	60	50

Taula 24. Condicions climàtiques aire retorn interior

En la nostra instal·lació disposem un percentatge de fuga del 33,9%, obtingut amb el següent càlcul:

$$\%f = \frac{\sum Qf}{Quta} \quad (\text{Eq.2})$$

On:

%f: Percentatge cabal fuga (%)

$\sum Qf$: Sumatori dels cabals de fuga més grans (m^3/h)

$Quta$: Cabal nominal UTA (m^3/h)

Obtenim un percentatge de fuga tant elevat degut a unes dimensions de sala petites i unes portes ràpides molt grans en comparació que ja de per si soles generen un gran caudal de fuga.

Per portar a terme la comprovació de les condicions de la mescla obtinguda s'utilitza el software de càlcul Munters PsychoApp, obtenint els següents resultats:

Condicions	Mescla Estival	Mescla Hivernal
Temperatura (°C)	26,73	12,86
Humitat relativa (%)	58,12	62,56
Entalpia (kJ/kg)	59,76	27,51

Taula 25. Condicions climàtiques aire de mescla

5.2.5 Condicions d'impulsió UTA

Valors de càlcul detallats al diagrama psicomètric de l'annex A.2.

Els valors d'impulsió obtingut són:

	Impulsió Estiu	Impulsió hivern
Temperatura (°C)	18	26
Humitat (%)	65	35

Taula 26. Condicions impulsió UTA

5.2.6 Dimensionament bateria UTA

Segons la fulla de càlcul de l'Annex A.3 de la potència necessàries de la bateria de la UTA, i comparant-los amb els valors obtinguts del càlcul de càrregues tèrmiques pel mètode convencional, es demostra que degut a la gran quantitat de renovacions/hora de l'aire de sala, la potència total obtinguda és molt superior a la potència obtinguda pel càlcul de càrregues tèrmiques d'unes sales tan petites i que treballen a temperatures de climatització. A continuació podem veure el valors totals:

Mètode de càlcul	Necessitats frigorífiques/calorífiques (kW)
Renovacions/hora	12,82/13,83
Càrrega tèrma convencional	2,8/-

Taula 27. Càlcul de potència instal·lació

Pel mètode de renovacions/hora, la potència resulta d'aplicar la següent expressió:

$$P = \frac{Q \cdot \gamma \cdot 1,02 \cdot \Delta H}{4,18 \cdot 860} \quad (\text{Eq.3})$$

On:

P: Potència frigorífica (kW)

Q: Cabal aire (m³/h)

γ : pes específic aire (kg/m³)

ΔH : Diferència d'entalpies entre el valor de mescla i impulsió UTA (kJ/kg)

860: factor de conversió, 1kW=860 kcal

5.2 Xarxa de conductes: cabals, dimensions, velocitats i pèrdues de càrrega

A la taula adjunta a continuació, es detallen els cabals, dimensions i velocitats dels conductes dimensionats per cada tram. Es consideren unes velocitats de treball d'entre 3 i 8 m/s. De menor a major, partint des de les unitats terminals fins a la connexió amb la UTA, amb aquests valors l'objectiu es que l'aire surti a baixa velocitat a les unitats terminals per tal que no afecti al personal de treball i disminuir també el nivell de soroll i vibracions produïdes. Una segona consideració és que les pèrdues de càrrega seran d'entre 0,5 i 1 kPa/m, per tal de no generar unes grans pèrdues de càrrega molt grans que afectarien a la selecció del ventilador de la unitat de tractament d'aire.

Tram d'impulsió:

Tram	Longitud tram (m)	Cabal (m ³ /h)	Conducte circular - Diàmetre (mm)	Conducte rectangular - secció (m ²)	Velocitat (m/s)
1-2	1	600	250	-	3
3-2	1	600	250	-	3
2-4	2,4	1200	300	-	5
6-5	1,2	600	250	-	3
5-4	1,3	1200	300	-	5
4-7	0,8	2400	400	-	8
7-8	1,5	2400	-	0,154	8

Taula 28. Característiques conductes impulsió

Tram de retorn:

Tram	Longitud tram (m)	Cabal (m ³ /h)	Conducte circular - Diàmetre (mm)	Conducte rectangular (m ²)	Velocitat (m/s)
1-3	1,1	600	250	-	3
2-3	0,8	600	250	-	3
3-4	3,4	1200	300	-	5
4-5 (colector)	1,2	1200	400	-	1

6-5 (colector)	0,4	1200	350	-	2
5-7	1,5	2400	400	0,154	8

Taula 29. Característiques conductes retorn

A l'Annex A.4 es detalla la pèrdua de càrrega total, indicant el punt crític de dimensionament, el qual ja podem avançar que serà la del la unitat terminal més allunyada, que correspon al difusor 1 o 3, ja que disposen de la mateixa pèrdua de càrrega, que correspon al valor més gran, essent de 306 Pa de la instal·lació i cal afegir-n'hi 40 Pa generat pel filtre de la UTA, essent un total de 346 Pa a la impulsió.

Pel retorn el tram de la reixa 1 és el que genera la major pèrdua de càrrega, essent aquesta de 36 Pa.

Per tant tindrem una pèrdua de càrrega total de la instal·lació de uns 400Pa. El ventilador de la UTA disposa de 894 Pa suficients per vèncer les necessitats, a més a més d'algun imprevist que hi pugui haver.

5.4. Canonades: cabals, dimensions, velocitats i pèrdues de càrrega

La nostra instal·lació hidràulica disposarà únicament de un únic servei. El cabal necessari el determinem a partir de la potència frigorífica obtinguda del càlcul de la bateria de la UTA i aplicant la següent expressió:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta T}{860} \quad (\text{Eq.4})$$

On:

P: Potència frigorífica (kW)

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

ΔT: Diferència de temperatura entre (7°C) impulsió i (12°) retorn UTA (5°C)

860: factor de conversió, 1kW=860 kcal

S'obté un cabal de 2,2m³/h i 2,4 m³/h, a estiu i hivern respectivament. Considerant uns valors de velocitat de treball de l'aigua d'entre 0,5 i 1,5 m/s realitzarem la comprovació de les preses de connexió de la refredadora. Utilitzant la taula adjunta a l'annex A.5, podem afirmar que les preses són vàlides de diàmetre nominal 32mm, però per consideracions pròpies i per futures ampliacions sempre escollirem la línia més gran possible dintre de les possibilitats, que en aquest cas correspon a la línia de diàmetre nominal 40mm.

6. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓ, CLIMATITZACIÓ I FILTRATGE

La instal·lació està formada per un sistema de producció de fred i calor indirecte, és a dir, mitjançant un equip refredadora d'aigua aportem aigua freda o calenta, segons les necessitats, a les bateries de que disposa la unitat de tractament d'aire així poder escalfar o refredar l'aire que circula a través d'ella.

El sistema de producció de fred i calor utilitza el gas refrigerant R-410A, comunament utilitzat per equips de climatització. Aquest refrigerant serà l'encarregat d'escalfar o refredar l'aigua de la instal·lació. Gràcies a aquest sistema oferim al client una solució ecològica i més econòmica que una instal·lació frigorífica convencional, ja que amb aquesta instal·lació es redueix dràsticament l'ús de gasos refrigerants perjudicials pel medi ambient i que com a conseqüència van acompanyats d'una elevada taxa. A més a més de la inversió inicial que suposaria instal·lar una certa quantitat de gas, existeix també el risc de futures fugues, ja sigui en els punts de soldadura en les unions entre tuberies o la aparició de petits poros a les mateixes que en el cas de no ser detectades amb antelació suposarien un elevat cost.

La refredadora disposa d'altres sistemes d'estalvi de caire energètic que seran amortitzats a curt-mig termini, una d'elles és que el compressor tipus Scroll disposa de regulació digital, cosa que li permet al motor treballar a una ampla gama de Hz depenen de la demana real de cada moment, aconseguint així un reducció considerable de consum energètic i alhora sistema que li permet allargar la vida útil, primerament perquè treballarà al 100% de la seva capacitat només en el cas de necessitat o en dies de condicions extremes, i segona perquè un sistema que no s'adapta a les necessitats i arriba a temperatura de consigna amb molta facilitat treballa en condicions de parada/arrancada constant, funcionament el qual hem d'evitar si volem garantir una llarga vida al compressor. Gràcies a la regulació de capacitat dels motors digitals, existeix també l'estalvi energètic en ventiladors, de la mateixa manera podem reduir la velocitat d'aquests proporcionalment a la demanda del compressor. Aquest últim serà l'encarregat de comprimir el refrigerant en estat gasós, seguidament la tuberia de descàrrega enviarà aquest refrigerant en estat gasós i alta temperatura i pressió a la bateria del condensador, on els ventiladors esmentats anteriorment seran els encarregats de baixar-li la temperatura i conseqüentment canviar-lo a estat líquid, el qual s'anirà acumulant al recipient del líquid. Finalment serà expansionat per la vàlvula d'expansió per passar d'alta a baixa pressió i passarà per l'intercanviador de plaques per actuar sobre l'aigua. Aquest intercanvi provocarà novament la seva evaporació i serà aspirat pel compressor per tornar a iniciar el cicle.

Per controlar i executar aquest cicle, la refredadora disposa de diversos elements de regulació i control, entre ells, claus de pas, pressòstats d'alta i baixa, termòstats i una vàlvula d'expansió electrònica per ajustar-se a les necessitats. La part frigorífica es tracta d'un circuit bàsic amb el qual no interactuarem, per contra amb la part hidràulica sí. Aquesta disposarà de sensors de temperatura per controlar el procés, un a l'entrada de la línia de retorn, un a l'intercanviador i un a la sortida de l'equip per garantir la temperatura de servei. Els manòmetres ens indicaran la pressió a la que circula l'aigua. Disposarà també d'una vàlvula de càrrega i drenatge i una de descàrrega, imprescindible ja que impedeix que la pressió del circuit superi un màxim tarat a 3 bars, arribats a aquest punt obre i descarrega aigua fins a baixar per sota del valor citat. Un altre accessori imprescindible serà el fluxòmetre encarregat de mesurar el caudal d'aigua en circulació.

Les variacions de temperatura que es produeix en l'intercanviador en part es produeixen gràcies a la instal·lació hidràulica, encarregada de transportar l'aigua desde l'intercanviador de la refredadora fins a les bateries de la unitat de tractament d'aire. Estarà formada per un circuit primari on gràcies al grup hidrònic que incorpora la refredadora impulsarà el refrigerant, en aquest cas aigua, al recipient de líquid, on acumulem el refrigerant a la temperatura desitjada i realitzarà de pulmó per poder adaptar-nos a les necessitats del servei amb major flexibilitat, augmentant la inèrcia del sistema, fet que ens permetrà també minimitzar els efectes de la parada i arrancada del compressor.

Des del dipòsit utilitzarem un segon grup hidrònic per fer circular el refrigerant pel circuit secundari i passar a través de les bateries de la unitat de tractament d'aire i que es produeixi l'intercanvi desitjat, que ens permetrà tractar el caudal d'aire que circula per l'interior de la UTA, esclafant-lo o refredant-lo en funció de les necessitats.

La instal·lació hidràulica disposarà de diversos dispositius de regulació i control, com són claus de pas en les connexions entre refredadora-tuberíes, tuberíes-dipòsit d'inèrcia, dipòsit d'inèrcia-grup hidrònic secundari i grup hidrònic secundari-unitat de tractament d'aire. Aquestes ens permetran actuar fàcilment en cas de fallada del sistema, poder tancar les claus de pas i minimitzar els efectes. Seran necessaris altres elements indicadors al llarg de la instal·lació, com són termòmetres i manòmetres, per poder controlar les condicions del refrigerant, a més de fluxòmetres a les sortides dels grups hidrònics. Aquests seran els encarregats de mesurar els cabals, en cas que no detectin cabal, és a dir, no hi ha demanda de les unitats terminals, aquests actuaran sobre la refredadora provocant la parada del sistema.

A més a més seran indispensables altres accessoris hidràulics, com un punt d'omplerta per poder aportar aigua de xarxa a la instal·lació. Aquests disposarà d'un filtre per evitar l'entrada d'impureses al sistema, juntament amb una vàlvula antiretorn. Serà necessari la instal·lació d'un vas d'expansió, capaç d'absorbir els canvis de volum que es puguin produir i evitar evaporacions d'aigua.

És indispensable portar a terme l'aïllament de la totalitat de la tuberia incloent els accessoris per garantir les condicions del refrigerant i minimitzar les pèrdues de temperatura durant el recorregut. Això es traduirà amb un estalvi energètic ja que la instal·lació serà més eficient. Aquest aïllament es realitzarà amb material Armaflex adaptant-se al diàmetre de la tuberia a tractar. Els trams de tuberia que transcorrin per exterior, serà recomanable el recobriment de l'Armaflex calorifugant les tuberies amb alumini, protegint-les dels elements climatològics que en cas contrari ressecarien i farien malbé la instal·lació amb conseqüències desastroses.

Un cop arribi el refrigerant a la bateria d'aigua, serà el torn de la unitat de tractament d'aire, la qual serà encarregada de distribuir-lo segons les condicions desitjades. Aquesta és capaç de portar a terme la climatització dels locals gràcies a l'esmentada bateria de que disposa, ubicada a la part central, a través d'aquesta hi circularà l'aigua freda o calenta segons es desitgi i es produirà l'intercanvi amb l'aire que circula a través d'ella. Aquest és impulsat per la unitat de ventilació ubicada a la part central de l'equip i està formada per un motor que fa girar el ventilador a les revolucions necessàries. Aquest és capaç de vèncer les pèrdues de càrrega generades per la pròpia bateria i la xarxa de conductes que formen la instal·lació d'aire.

Al tractar-se de sales blanques, cal minimitzar el nombre de partícules en suspensió, per aquest motiu la unitat estarà equipada amb dues unitats de filtratge, una a cada extrem, a l'entrada de tipus F5 i a l'embocadura amb el conducte d'impulsió de tipus F9. A més a més per complir amb la normativa hem de tenir en compte les renovacions i l'aportació d'aire exterior, és per això que a l'entrada d'aire de l'equip hi haurà un conjunt de dues comportes d'entrada, una embocada al retorn de la instal·lació per tal que funcioni com un circuit tancat i una segona per complir amb el percentatge d'aportació d'aire exterior i es produeixi la mescla. Cal destacar que aquestes dues seran regulables per ajustar el cabal de cada una i poder complir amb els valors desitjats.

A més d'aquestes dues comportes, disposa d'altres elements de regulació i control, com són els manòmetres que mesuren les pressions a la impulsió i extracció, per validar que siguin les

desitjades. Termòstats, necessaris per mesurar la temperatura de l'aigua a la bateria i la impulsió i retorn de l'aire. A més a la bateria d'aigua també hi trobarem claus de pas, així en cas d'actuació podrem tallar el circuit, també vàlvules motoritzades per regular l'entrada d'aigua freda o calenta i un purgador per ser buidada en cas necessari.

Igual que la refredadora el motor del ventilador podrà disposar de variador de freqüència per adaptar-se a les necessitats regulant les revolucions per minut i aconseguir l'estalvi energètic. Per últim i no menys important, la unitat de tractament d'aire disposarà d'un detector de fums antiincendi ubicat a l'extracció.

7. SISTEMA HVAC

Per a la climatització i renovació d'aire i filtratge de partícules de les diverses sales a tractar instal·larem una xarxa de conductes que es dividirà en dos circuits, impulsió i retorn. El primer l'utilitzarem per a la impulsió d'aire tractat prèviament a les sales per tal de garantir les seves condicions de temperatura i humitat. La funció del segon circuit serà la de aspirar l'aire ja impulsat a la sala per tal d'extreure'l i enviar-ne una part a l'exterior i l'altra tornarà a mesclar-se amb l'aire net de l'exterior, es tractarà a la unitat de tractament d'aire i tornarà a ser impulsat a les diverses sales a condicionar. D'aquesta manera amb els dos circuits d'impulsió i retorn obtindrem la renovació d'aire necessària per complir amb les sales blanques.

Les renovacions mínimes d'aire per hora de cada sala ens determinarà el caudal d'aire en m^3/h de cada una i amb la suma de totes determinarem el caudal mínim del que ha de disposar la unitat de tractament d'aire. A partir d'aquí seleccionarem els difusors i la quantitat necessària per complir amb el caudal necessari. Un cop seleccionats els difusors sabrem el caudal total i renovacions d'aire reals, que ens permetran calcular les necessitats frigorífiques i calorífiques de la bateria de la UTA, i així a partir d'aquests valors poder escollir la unitat de tractament d'aire que s'adeqüi a les necessitats per climatitzar la instal·lació.

Com podem observar a diferència d'una instal·lació frigorífica, pel dimensionament de la unitat de tractament d'aire no és necessari el càlcul de les càrregues tèrmiques de la sala, insignificants en comparació amb la càrrega generada per les renovacions d'aire.

Valors demostrats en les diverses taules i programes de càlculs adjunts a l'Annex A.1 i A.6.

7.1 Unitat de tractament d'aire

Com hem vist anteriorment, la instal·lació constarà d'una unitat de tractament d'aire (UTA), aquesta serà l'encarregada de l'aportació de l'aire necessari de la instal·lació a unes condicions de temperatura i pressió predefinides. Realitzarà les renovacions/hora necessàries per complir amb la normativa, a més a més disposarà d'una comporta per mesclar un cert percentatge d'aire exterior net amb el de retorn i filtrar-lo per minimitzar la quantitat de partícules en suspensió. Compleix amb la certificació EUROVENT, per validar que compleix amb les prestacions indicades.

A la següent taula es detallen les principals característiques:

Unitat de tractament d'aire Systemair Danvent DV10			
Especificacions		Capacitats	Unitats
Carcassa		Acer amb aluzinc i llana de roca 50mm	
Dimensions	Llargada	2.990	mm
	Profunditat	970	mm
	Altura	670	mm
Pes		398	Kg
Capacitat frigorífica		11	kW
Capacitat calorífica		13	kW
Comporta de mescla	Quantitat	2	
	Cabal	1.800	m ³ /h
	Pèrdua de càrrega	10	Pa
Filtre	Tipo	Bossas	
	Classe	F5	
	Pèrdua de càrrega inicial/final	28/120	Pa
Ventilador	Caudal	1800	m ³ /h
	Pressió	1089	Pa
	Velocitat nominal	3.208	RPM
	Velocitat màxima	3670	RPM
	Potència absorbida	0,78	kW
Motor	Tipo	IE3	
	Velocitat	2895	RPM
	Variador freqüència	1 (IP20)	
Bateria	Volum	3,5	l
	Fluid	Aigua	
	Caudal aigua (Fred/Calor)	0,52/0,63	l/s
	Pèrdua de càrrega (Fred/Calor)	9,8/12	kPa
	Velocitat fluid	1	m/s
	Connexions	1	"
	Caudal aire	1.800	m ³ /h
	Pèrdua càrrega (fred/calor)	54/37	Pa
	Diferència temperatura Aire (Fred/Calor)	10/21	°C
	Diferència humitat relativa (Fred/Calor)	-68/+30	%
	Velocitat aire	1,96	m/s
Filtre	Tipo	Bossas	
	Classe	F9	
	Pèrdua de càrrega inicial/final	91/229	Pa

Taula 30. Característiques tècniques UTA

Adjunta fitxa tècnica completa de la unitat de tractament d'aire a l'Annex C.1.

7.2 Sistema de distribució d'aire

S'instal·larà una xarxa de conductes que transcorrerà pel sostre de les diverses sales, formats per un material amb acabat superficial llis i no contaminant o perjudicial per l'aire que circuli pel seu interior. Aquests estaran preparats per conduir la totalitat d'aire tractat fins a les diverses sales de treball i retornar-lo fins a l'exterior. Estaran formats de xapa galvanitzada, més resistent que altres alternatives més econòmiques com per exemple fibra de vidre.

El conductes del circuit d'impulsió disposaran d'aïllament exterior amb espuma elastomèrica de 10mm d'espessor, amb l'objectiu de minimitzar les possibles variacions de temperatura i humitat que pugui patir l'aire tractat durant el trajecte des de la unitat de tractament d'aire fins a les diverses sales a climatitzar, a més a més d'evitar el degoteig provocat per les condensacions en funció de les condicions de l'aire, seria el cas d'impulsar-lo a molt baixa temperatura. Per altra banda, no serà necessari l'aïllament dels conductes del circuit de retorn que conduiran l'aire de la sala fins a l'exterior o l'enviaran a la UTA novament per ser tractats.

Per la connexió de la unitat de tractament d'aire amb els dos circuits s'instal·laran dues tolves per adaptar la secció de sortida de la unitat amb la secció del conducte principal, a més a més s'instal·larà una segona tolva, quan correspongui, per realitzar l'adaptació de conducte rectangular a circular. Al llarg del circuit instal·larem diverses reduccions per adaptar la secció de conducte al caudal d'aire que circula pel seu interior. A més a més per realitzar les connexions als diversos plenums de les unitats terminals s'utilitzarà tub flexible de la secció corresponent, material adequat per adaptar-se a formes o gestos fins arribar a la connexió amb el plenum del difusor.

Considerarem una velocitat d'aire de 8m/s als conductes generals i 2-3,5m/s a les unitats terminals. Aquestes i la resta de velocitats ens les determinarà la taula de càlcul de conductes adjunta a l'Annex A.4, on podem veure que a mid que ens allunyem de les unitats terminals s'incrementa el caudal i la seva velocitat. Partint d'aquestes velocitats, pel dimensionament de la secció dels diversos conductes de xapa aplicarem la següent fórmula:

$$Q = v \cdot A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (\text{Eq.5})$$

On:

Q : Cabal d'aire (m^3/s)

v : Velocitat d'aire (m/s)

A : Àrea de conducte (m^2)

Veure taula de seccions a l'Annex A.4.

Amb l'experiència acumulada per l'empresa al llarg de 40 anys de trajectòria en el sector del fred industrial podem definir que instal·larem conductes circulars fins a un cert caudal, no superant diàmetres de conducte al voltant de 500mm, ja que per dimensions superiors és necessari disposar d'un ampli falç sostre ja que ocupen molt d'espai i són molt pesats, característiques que dificulten el seu muntatge. Per tant, a partir de cert caudal dimensionarem conductes circulars, com es pot veure a la taula de seccions de conductes adjunta a l'Annex A.7.

Un cop tinguem constància de les seccions de conducte i caudals d'aire que hi circularan es procedirà al càlcul de les pèrdues de càrrega de la xarxa de conductes, mantenint-les sempre entre 0,5 i 1 Pa/m, per no generar una gran pèrdua de càrrega que es traduiria amb un augment del cost econòmic. Aquestes sumades al posterior càlcul de les pèrdues de càrrega de les diverses unitats de difusió donaran el valor de la pèrdua de càrrega total que haurà de vèncer el ventilador de la unitat de tractament d'aire.

Per portar a terme el càlcul de les diverses pèrdues de càrrega del sistema utilitzarem la següent equació:

$$AP = 4 \cdot e \cdot \frac{v^{1.82}}{D^{1.22}} * L \text{ (mmca)} \quad (\text{Eq.6})$$

On:

e : Rugositat absoluta del material

v : Velocitat de l'aire al conducte (m/s)

D : Diàmetre equivalent del conducte (m)

L : Longitud del conducte (m)

Veure càlculs de les pèrdues de càrrega a l'Annex A.4.

7.3 Sistema de difusió d'aire

7.3.1 Difusors

Per distribuir el caudal d'aire a les diverses sales, s'instal·laran al sostre difusors rotacionals model VDW de la marca TROX, de secció quadrada i dimensions de 600x600mm i 400x400mm, segons la selecció indicada en la taula de càlcul adjunta a l'Annex A.8, on es dimensiona la instal·lació HVAC. L'objectiu d'aquests difusors és el de distribuir uniformement l'aire al llarg de tota la sala i a baixa velocitat, d'entre 2 i 3,5 m/s , valors adequats per sales de treball per tal que no afecti al personal que hi treballa. A més a més per complir amb la classificació de les sales, aquestes unitats d'impulsió estaran equipades amb filtres de classificació mínima F9, tal com s'indica a la mateixa taula esmentada de dimensionament del sistema HVAC.

Disposaran d'un plenum el qual es connectarà a la xarxa de conductes d'impulsió mitjançant tub flexible del diàmetre determinat. A més a més inclouran una comporta de regulació manual per regular la quantitat de cabal que circula pel difusor.

7.3.2 Cabina de fluxe laminar

La funció d'aquesta és la de protegir al màxim el producte d'agents externs com per exemple en processos de mostreig, pesada i fraccionament del producte, sotmetent la cabina a depressió o no mitjançant un sistema de fluxe laminar vertical. Aquesta disposarà d'unes dimensions de 1.500 x 2.200mm (Llargada x Amplada) i estarà recoberta pel seu voltant per unes cortines de lames per evitar la sortida de l'aire.

En aquest cas estarà formada per sis unitats de ventilació i filtració, anomenades fan filters, que estaran ubicades a la part superior de la cabina, de dimensions 610 x 610 x 69 mm (Llargada x Amplada x Altura) cada una, que proporcionen un caudal de 600 m^3/h cada una, oferint un caudal total de 3.600 m^3/h , la qual cosa ens assegura un índex de renovació d'aire de 70 renovacions/hora o superior.

Cada una de les sis unitats integrarà un filtre d'alta eficiència HEPA 14 amb una eficiència del 99,99%. Addicionalment la unitat integrarà un prefiltrat G4 ubicat a la part superior per mantenir

els ventiladors en bones condicions de treball. Aquests ventiladors seran de tipus electrònic, amb l'objectiu d'adaptar-se a les necessitats per regular la velocitat proporcionant una baixa velocitat i homogènia per totes les línies de flux paral·leles d'uns $0,45 \text{ m/s}$ gràcies a variadors de freqüència, que alhora actuaran en funció del valor de lectura de les sondes de velocitat de l'aire que s'instal·laran a la sortida del filtre.

Aquests variadors estaran integrats en un quadre de control proporcionat pel fabricant.

7.3.3 Reixes

Per a l'extracció de l'aire de les sales i garantir les renovacions/hora indicades a la taula de l'annex A.8, s'instal·larà una reixa de retorn per cada sala. Seran de tipus vertical amb les lames horitzontals i inclinades a 45° , que s'ubicaran a les cantonades a la part inferior, concretament a 20 cm del terra per garantir un bon escombrat de la sala.

A més a més a sala de mostreig existirà un retorn addicional dels propis fan filters de la cabina de fluxe laminar, per tant també existirà un retorn al sostre. La cabina de fluxe laminar impulsarà l'aire en direcció vertical i sentit cap avall, d'aquesta manera amb el mateix objectiu que la resta aconseguirem un correcte escombrat de la sala.

Igual que els difusors, la connexió de les reixes de retorn amb la corresponent xarxa de conductes es realitzarà mitjançant tub flexible i la velocitat també serà semblant a la d'impulsió, d'entre 2 i $2,5 \text{ m/s}$.

7.3.4 Filtres

Elements indispensables per aquest tipus d'instal·lacions on el control de partícules en suspensió es vital per garantir la qualitat de l'aire, és per això que els equips de filtratge són indispensables.

Com hem vist anteriorment al punt 4.2, cal instal·lar un tipus de filtres de menor o major eficàcia en funció de la classificació de sala. En el nostre cas començant per la UTA, aquesta anirà equipada amb un prefiltre F5 i finalment un filtre F9, suficient per complir amb la classificació de les sales. Per la mateixa raó els caixons difusors també aniran equipats amb filtres F9. L'objectiu d'aquests és separar la pols fina en suspensió.

La cabina de fluxe laminar anirà equipada amb prefiltres tipo G4 amb l'objectiu de mantenir els fan filters nets. Però per garantir la ISO 5 d'aquest tipus de sistemes constarà de filtres H14 d'alta eficiència, amb l'objectiu de separar les partícules suspeses a l'aire.

7.4 ELEMENTS DE REGULACIÓ I CONTROL

Components indispensables per satisfer les condicions de les instal·lacions, a continuació es descriuen les ubicacions i funcions dels principals elements de control d'una instal·lació HVAC.

7.4.1 Comportes manuals

S'instal·laran comportes Trox, model AK, 315 per la Sala de Mostreig i 200 pels dos SAS. Seran de tipus circular per adaptar-se als conductes corresponents. S'instal·laran als conductes de retorn, i la seva regulació serà manual. S'ajustaran amb l'objectiu de regular la pressió i aconseguir el valor desitjat a cada sala. Com hem comentat anteriorment pressuritzarem o no la sala en funció del recorregut desitjat de l'aire. A més pressió respecte les sales contigües, evitarem l'entrada de l'aire provinent d'aquestes i viceversa.

7.4.2 Interruptor diferencial de pressió

De la marca Mundocontrol, model PS600, a instal·lar a l'entrada i sortida dels dos filtres de la unitat de tractament d'aire, d'aquesta manera si la diferència de pressió augmenta dràsticament superant el valor màxim seleccionat, ens indicarà que els filtres es troben bruts i estan taponats, per tan caldrà la seva substitució per uns de nous que realitzi la seva funció de filtratge correctament.

7.4.3 Transmissor de pressió diferencial

S'instal·larà un transmissor de la marca MundoControl, model DPT-R8-D. Aquest és un transmissor electrònic amb display, transforma la diferència de pressió en un senyal elèctric, i serà l'encarregat de donar la senyal en cas que es produeixin variacions de pressió a ventilador superant el valor de tara definit.

S'instal·larà un segon transmissor capaç de ser utilitzat com a sensor o controlador de la pressió diferencial o del flux volumètric. Model CPG-1000AV, ubicat a la unitat de tractament d'aire, com hem dit per mesurar el diferencial de pressió del ventilador i el cabal d'aquest.

7.4.4 Indicador de pressió diferencial

S'instal·laran tres indicadors de pressió, un a cada sala de tipus analògic, de la marca Dwyer, model Magnehelic 2000-60A. Aquests s'ubicaran a una zona de fàcil visualització, com als accessos, per tal de comprovar la pressió de sala.

7.4.5 Sonda de temperatura i humitat

S'instal·larà una sonda de temperatura i humitat de la marca KIMO, model TM-110, s'instal·larà al retorn de la UTA, amb l'objectiu de controlar les condicions de l'aire de retorn procedent de les sales.

7.4.6 Quadre elèctric de potència i control

Armari metàl·lic que inclou les proteccions magneto tèrmiques i diferencials de tots els elements elèctrics i electrònics del sistema, a més de selectors de control, indicadors LED, regulació de la pressió del ventilador de la UTA, control de vàlvules 3 vies, visualitzadors de les sondes de temperatura, humitat i pressió de la UTA. A més a més estarà equipat amb il·luminació i ventilació interior i una presa de corrent i un port de connexió externa.

8. INSTAL·LACIÓ HIDRÀULICA

El nostre circuit hidràulic es tracta d'un sistema 1x1, la refredadora dona servei a una única unitat, la bateria de la unitat de tractament d'aire. El circuit es divideix en dues parts, circuit primari i secundari, com a punt d'unió entre els dos s'instal·larà un dipòsit d'inèrcia que farà la funció d'acumulador. El circuit primari estarà format principalment per la refredadora que inclou una bomba de recirculació que treballarà contra el dipòsit i les línies hidràuliques per comunicar les dues unitats. El circuit secundari estarà format per un grup hidrònic per impulsar l'aigua fins a la bateria de la UTA, les línies hidràuliques per comunicar el dipòsit amb la unitat terminal i els respectius accessoris.

8.1 Refredadora per la producció de fred i calor

Com hem exposat al capítol anterior, s'instal·larà una única refredadora que treballarà amb gas refrigerant R-410A per l'aportació de fred i calor a les bateries de la UTA per tal de climatitzar els locals.

Per climatitzar els locals aquesta haurà de complir amb les necessitats tèrmiques del caudal d'aire a tractar, és a dir, el dimensionament es realitzarà a partir de les renovacions d'aire, ja que les càrregues tèrmiques dels locals seran mínimes en comparació. Aquesta compleix amb la certificació EUROVENT, per validar que compleix amb les prestacions indicades.

A la següent taula es detallen les principals característiques:

Refredadora inverter DAIKIN EWYQ011ACV3			
Especificacions		Capacitats	Unitats
Carcassa		Xapa d'acer galvanitzat	
Dimensions	Altura	1.435	mm
	Amplada	1.418	mm
	Profunditat	382	mm
Pes		180	Kg
Capacitat frigorífica		15,7	kW
Capacitat calorífica		13,8	kW
Control de capacitat		Inverter	
Consum refrigeració		4,1	KW
Consum calefacció		3,2	kW
COP		4,3	
Intercanviador d'aigua	Tipus	Plaques	
	Cantitat	1	

	Volum aigua	1,01	
	Caudal (Min/Max)	16/58	l/min
Bomba	Velocitats	2	
	Pressió refrigeració	49,1	kPa
	Pressió calefacció	40,9	kPa
Vas expansió	Volum	10	L
	Pressió max	3	bar
Ventilador	Quantitat	2	
	Tipo	Axial	
	Caudal(Fred/Calor)	97/90	
	Descàrrega	Horitzontal	
Potència sonora		64	dBA
Compressor	Tipo	Hermètic Scroll	
	Quantitat	1	
	Model	JT100G-VD	
	Regulació de capacitat	Control inverter	
Refrigerant	Tipo	R-410A	
	Càrrega	2,95	kg
	Control	Vàlvula d'expansió electrònica	
Oli	Tipo	Daphne FVC68D	
	Càrrega	1	l
Circuit d'aigua	Connexions hidràuliques	1-1/4	"

Taula 31. Característiques tècniques Refredadora

A condicions de treball 7/12°C impulsíó/retorn de l'aigua.

Adjunta fitxa tècnica completa de la refredadora a l'Annex C.3.

8.2 Dipòsit d'inèrcia

Per garantir la inèrcia de la instal·lació i el correcte funcionament del sistema de producció de fred/calor és adequat instal·lar un dipòsit per acumular el fluid refrigerant i mantenir-lo a temperatura, aquesta solució és indispensable en sistemes amb varies unitats terminals, de totes maneres, tot hi tractar-se d'un circuit amb una única unitat terminal s'instal·larà un petit dipòsit per garantir les condicions del fluid refrigerant i cobrir la demanda de la bateria de la UTA, de manera que l'aigua tractada l'acumularem al recipient on la bomba del circuit primari integrada a la pròpia refredadora la farà circular constantment per mantenir la temperatura desitjada.

Per determinar la capacitat els fabricants recomanen una dada d'entre 10 i 12 litres per cada kW de potència frigorífica de que disposa la refredadora, per tan en el nostre cas seguint les seves indicacions seria necessari un dipòsit d'uns 130-150 litres. Però com hem comentat anteriorment al tractar-se d'un únic servei instal·larem un dipòsit de 100 litres, suficient per les nostres necessitats. A més a més la refredadora disposarà d'un vas d'expansió de 10 litres de capacitat. Aquesta anirà equipat amb aïllament bàsic per instal·lació a interior.

Per comprovar aquesta dada aplicarem la següent equació per calcular el volum d'un dipòsit d'inèrcia:

$$V_i = \frac{860 \cdot P}{4 \cdot n^{\circ}arr \cdot AT} \quad (l) \quad (\text{Eq.7})$$

On:

V_i : Volum dipòsit d'inèrcia (l)

P : Potència frigorífica (kW)

$N^{\circ}arr$: Número màxim d'arrancades compressor

AT : Diferencial de temperatura (°C)

Per aquest tipus de compressors, Scroll, es consideren 6 arrencades per hora.

Podem confirmar que per una potència frigorífica de 15kW serà suficient i necessari un dipòsit d'inèrcia de 100 litres.

Al disposar d'una capacitat de refrigerant inferior als 100 litres o dm³, no serà d'obligatòria instal·lació una doble vàlvula de seguretat, tal com indica l'article 3.3.4.1 del BOE 138/2011. Per calcular la capacitat de la vàlvula de seguretat haurem d'aplicar la següent equació:

$$Q_m = \frac{\varphi^A}{h_{vap}} \quad (\text{Eq.7})$$

On Q_m és la capacitat mínima de la vàlvula de descàrrega en kg/h de refrigerant. φ és la densitat del fluid en 10 kW/m². A és la superfície exterior del recipient en metres quadrats. h_{vap} és calor latent de del refrigerant en kJ/kg

8.3 Xarxa de canonades

Pel transport del refrigerant, encarregat d'aportar fred o calor des de la refredadora fins a la bateria de la unitat de tractament d'aire, s'instal·laran canonades degudament aïllades de material PPR de 42mm de diàmetre.

El plantejament del traçat de canonades transitant per zones accessibles per facilitar el seu manteniment o actuació en cas de reparació, i especialment els accessoris com vàlvules, instruments de mesura. Aquestes caldrà que estiguin degudament etiquetades indicant el sentit del fluid amb cartells amb una fletxa segons la norma UNE 100100.

Els trams horitzontals disposaran d'una pendent mínima del 0,2% favorable al sentit del fluid per millorar-ne la circulació.

Per la suportació de les línies seguirem la norma UNE 100.152 "Climatització. Suports canonades", instal·larem un suport format per carril i varilla cada 1,2m.

En quan a les canonades, n'existeixen de diversos materials, en el nostre cas instal·larem canonades de polipropilè comunament conegut com a PPR, amb muntatge soldat i accessoris roscats. L'ús d'aquest s'ha estès molt gràcies al seu baix cost de material i la facilitat i rapidesa del seu muntatge. Simplement es necessita d'un soldador específic per tal d'escalfar les dues parts a unir i anar realitzant les unions entre els diversos trams. Aquest temps d'escalfament del material està comprès entre els 5-60 segons depenent del diàmetre i longitud a escalfar.

Existeixen altres alternatives al PPR, com poden ser les canonades conegudes com a multicapa, aquestes estan formades per tres capes una exterior de polietilè, una intermèdia d'alumini i una tercera de polietilè reticulat. La principal avantatge d'aquestes és menor cost, habitualment les podem trobar a les instal·lacions d'habitatges com per exemple instal·lacions d'aigua sanitària, calefacció i climatització. Juntament amb el PPR suporten nivells de pressió i temperatura d'uns 10 bars i 95°C, en funció dels anys de vida útil poden variar. La principal avantatge del PPR però és que disposa d'accessoris del mateix material, per contra el multicapa necessita accessoris metàl·lics.

Un altra alternativa molt utilitzada ens instal·lacions industrials són les canonades d'acer inoxidable, el muntatge premsat és el més usat degut a la rapidesa de muntatge, tot hi així el cost de material és molt més elevat. Capaces de treballar amb productes a temperatures d'entre -30 fins a +180°C i 16 bars de pressió. Disposa d'un coeficient de transmissió tèrmica de 16 W/mK, lleugerament superior als 0,24 W/mK del PPR, cosa que redueix al mínim la formació de condensacions a la canonada.

Tot hi això per evitar condensacions i alhora garantir que el refrigerant arribi a la bateria de la UTA amb les condicions desitjades, la totalitat de les línies frigorífiques estaran aïllades amb espuma elastomèrica Armaflex, que disposa d'un coeficient de conductivitat tèrmica inferior a

0,04 W/mK. A més a més, per protegir l'espuma i les canonades dels agents climatològics, els trams que transcorrin per exterior es recobriran amb una capa d'alumini.

Un cop la instal·lació de les línies estigui finalitzada, caldrà una neteja a fons d'aquestes i de les bateries i/o intercanviadors mitjançant nitrogen, amb l'objectiu de minimitzar la presència d'impureses al circuit. Finalment es realitzaran les proves de pressió per comprovar que es garanteixen les condicions i no existeixen fugues a la instal·lació.

Adjunta la taula de propietats del PPR a l'Annex C.4.

8.4 Accessoris

Instal·larem purgadors per eliminar aire acumulat a la unitat terminal i a la pròpia bateria, aquests es conduiran a la safata de condensats o al desaigua més pròxim a excepció que les unitats s'ubiquessin a l'exterior. Aquestes línies de purga estaran equipades amb una vàlvula de bola.

Al transcurs de les línies entre interior i exterior serà necessària la instal·lació de maniguets passamans per garantir el bon estat de les canonades, on el ram de la paleta serà l'encarregat d'instal·lar-los.

Un altra element de que constarà la nostra instal·lació son les aixetes de buidatge, aquestes s'han d'instal·lar al punt més baix de la instal·lació per facilitar el buidatge del circuit.

8.5 Connexions

Les diverses connexions, ja sigui a unitats terminals o equips de producció de fred/calor, es realitzaran tenint en compte no transmetre esforços entre equips i canonades que puguin generar futures vibracions.

Cada connexió estarà formada per maniguets antivibradors per evitar transmetre vibracions, claus de pas, que ens permetran actuar en tasques de manteniment, reparació i/o substitució d'equips. Instruments de mesura i control, com termòmetres i manòmetres, que ens permetrà fer un control exhaustiu de les condicions a les que impulsem i ens retorna el fluid.

Concretament s'instal·laran vàlvules de pas tipo bola de diàmetre $1 - 1/2''$, termòmetre de rang de mesura d'entre $0-60^{\circ}\text{C}$, apta per les nostres condicions de treball, amb baina de 5cm i un manòmetre d'entre 0-6 bars.

Instruments de regulació, com són vàlvules de regulació de caudal, per ajustar el caudal necessari de la unitat terminal el qual s'ubica a la sortida de la bateria. Vàlvules tres vies, permetran la recirculació del fluid refrigerant directament a la línia de retorn en cas que la unitat terminal no en demandi.

Igual que les vàlvules anteriors, les reguladores i de recirculació de caudal seran de diàmetre $1 - 1/2''$.

8.6 Punt d'omplerta

És la línia d'alimentació del circuit, es connecta a la línia de retorn i disposa de connexió a xarxa per l'emplenament inicial o per futures necessitats. Estarà formada per claus de pas, vàlvula antiretorn, filtre, fluxòmetre i cabalímetre. Es dimensionarà segons les específiques e la taula 5 de la ITE 0.2.8.2, on s'indiquen els diàmetres de canonada dependent de la potència frigorífica de la instal·lació.

Potència tèrmica de la instal·lació (kW)	Diàmetre nominal de la canonada d'alimentació (mm)	
	Calor	Fred
$P \leq 50$	15	20
$50 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 500$	25	32
$500 < P$	32	40

Taula 32. Línia d'alimentació

Com es pot observar seguint els criteris de la taula i disposant d'un sistema de refrigeració de 15kW caldrà instal·lar una línia d'alimentació de 20mm de diàmetre.

8.7 Punt de buidatge

Tal com s'ha explicat anteriorment, el punt de buidatge ha d'estar ubicat a la part més baixa de la instal·lació, i igual que el punt d'omplerta, constarà de vàlvula de buidatge, filtre fluxòmetre i cabalímetre. El seu diàmetre es dimensionarà segons les específiques de la taula

6 de la ITE 02.8.3, on s'indiquen els diàmetres de canonada a instal·lar en funció de la potència frigorífica de la instal·lació com podem veure a continuació:

Potència tèrmica de la instal·lació (kW)	Diàmetre nominal de la canonada d'alimentació (mm)	
	Calor	Fred
$P \leq 50$	20	25
$50 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 500$	32	40
$500 < P$	40	50

Taula 33. Línia de buidat

Igual que en el cas anterior es pot observar que per un sistema de refrigeració de 15kW de potència, li correspondrà un diàmetre de canonada de 25mm.

8.8 Aïllament

Pel dimensionament del correcte espessor d'aïllament de les canonades s'aplicaran els criteris de l'apèndix 03.1 de la ITE 03 CÀLCUL, on s'indica que és estrictament necessari aïllar les canonades per on circula un fluid a temperatura inferior a l'ambient o superior als 40°C i s'ubiquin en locals no calefactats. Els espessors que es detallen a continuació corresponen a un material amb una conductivitat tèrmica de 0,04 W/(mk) i traçat per interior.

Per canonades i accessoris amb refrigerant calent:

Diàmetre exterior (mm)	Temperatura fluid (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$P \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Taula 34. Espessor d'aïllament per refrigerant calent

Per canonades i accessoris amb refrigerant fred:

Diàmetre exterior (mm)	Temperatura fluid (°C)			
	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
$P \leq 35$	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	60	50	40	30
$140 < D$	60	50	40	30

Taula 35. Espessor d'aïllament per fluid calent

Cal tenir en compte que per traçats exteriors caldrà incrementar l'espessor seleccionat un mínim de 10mm per fluids calents i 20mm per fluids freds.

En el nostre cas per un diàmetre de 42mm ens caldrà un espessor de 20mm, que correspon a l'Armaflex tipo M.

L'aïllament de les línies frigorífiques i de climatització és una solució bàsica per evitar condensacions de les pròpies canonades, gràcies a una baixa conductivitat tèrmica i alta resistència a la difusió de vapor, cosa que alhora fa que augmenti l'eficiència energètica del sistema i aconseguim una atenuació acústica en cas que es produeixin vibracions.

N'existeixen diversos tipus de producte, principalment el podem trobar en forma de cinta adhesiva de 50mm d'amplada i 15-30m de longitud, però amb un únic espessor de 3mm. En forma de planxes de diversos espessors i mides, i el més comú tipo conquilles, és a dir, en forma de tub corresponent al diàmetre de canonada que ens interessa aïllar. Aquesta última és la que utilitzarem nosaltres i se'n poden adquirir de diferents espessors i longituds.

Adjunta la taula de propietats de l'armaflex a l'Annex C.5.

8.9 Intercanviadors

La nostra instal·lació constarà de dos intercanviadors, un de líquid-líquid i un de líquid-aire. El primer intercanvi es produirà al circuit primari i tindrà lloc a l'intercanviador de plaques de la pròpia refredadora, on el refrigerant R-410A a més baixa temperatura, dissiparà la calor de l'aigua. Per contra a l'època hivernal les condicions són contraries, arribarem fins a temperatures ambient que rondaran els 0°C, per tant el condensador passarà a treballar com

a evaporador i l'intercanviador farà la funció de condensador, d'aquesta manera aportarà calor a l'aigua del sistema.

Per altra banda el segon intercanvi aigua-aire es produirà a la bateria ubicada a l'interior de la unitat de tractament d'aire, on enviarem l'aigua calenta o freda depenent de l'època estacional en la que ens trobem. Aquesta serà atravesada pel caudal d'aire a tractar absorbint o dissipant calor en funció de les condicions.

Per garantir les condicions de les sales cal diferenciar dues èpoques estacionals de treball on les condicions ambientals seran extremes i oposades. Per tant les condicions de treball del sistema variaran en funció de si ens trobem en època hivernal o estival. En l'última, les condicions extremes les trobarem als propis mesos d'estiu, on observant la taula de registres de temperatures de la zona geogràfica, sabem que arribarem fins a temperatures ambient de 35°C i humitat del 40%. Per tan, tenint en compte un diferencial de temperatura $DT=10K$, la temperatura de condensació del refrigerant serà de 45°C. Per garantir la temperatura de sala de 22°C caldrà impulsar l'aigua fins a la bateria de la UTA a una temperatura de 14°C.

Per contra a l'època hivernal les condicions seran contraries, baixant a unes temperatures ambient que rondaran els 0°C. La refredadora passarà a treballar en mode hivern, la qual cosa significa que el condensador passarà a treballar d'evaporador i l'intercanviador farà la funció de condensador dissipant calor a l'aigua que retornarà a menor temperatura que la descàrrega dels compressors. Per garantir la temperatura de sala de 22°C caldrà impulsar l'aigua fins a la bateria de la UTA a una temperatura de 7°C.

Podem afirmar que al no disposar de temperatures d'impulsió de refrigerant negatives ni pròximes a zero, no serà necessari l'ús d'additius per evitar la congelació del propi refrigerant.

8.10 Vas d'expansió

Element indispensable en una instal·lació hidràulica per absorbir els canvis de volum d'aigua provocats pels canvis de temperatura que es produeix a la instal·lació. Pel seu dimensionament es tindrà en compte el volum total de la instal·lació, i es determinarà a través de la següent fórmula:

$$V_t = V \cdot C_E \cdot C_P \quad (l) \quad (\text{Eq.9})$$

On:

V_t : Volum vas d'expansió (l)

V : Volum total de la instal·lació (l)

C_E : Coeficient de dilatació de l'aigua

C_P : Coeficient de pressió de l'aigua

Podem afirmar que per la nostra instal·lació no serà necessari la instal·lació d'un vas d'expansió. De totes maneres és aconsellable la instal·lació d'un petit dipòsit que pugui absorbir variacions de volum en un cert moment crític. És per això que instal·larem un vas d'expansió de 25l de capacitat, suficient per les dimensions d'aquesta instal·lació.

La línia hidràulica de connexió amb el vas d'expansió haurà de complir amb la descrita a la UNE 100.157, on s'indica el mètode de càlcul de la línia en qüestió:

$$D = 15 + 1,5 \cdot \sqrt{P} \geq 25mm \quad (mm) \quad (\text{Eq.10})$$

8.11 Elements de regulació i control

8.11.1 Sondes de temperatura i pressió

S'instal·laran termòmetres i manòmetres a les connexions de la refredadora i la unitat de tractament d'aire, tan per la impulsió com el retorn, pel control de les condicions del fluid refrigerant. A més a més se n'instal·laran al dipòsit d'inèrcia.

Serà necessari també la instal·lació d'un manòmetre a la línia d'expansió que connecta amb el vas d'expansió corresponent, on pot haver-hi pujades de pressió degut a l'augment de la temperatura.

8.11.2 Fluxòmetre

S'instal·larà un fluxòmetre o mesurador de cabal, la seva ubicació serà a la sortida de refredadora, a la línia d'impulsió. Estarà comunicada amb la refredadora i en cas que no llegeixi cabal degut a que no hi ha demanda pararà la bomba hidràulica.

Concretament els termòmetres a instal·lar seran amb vaina de 5 cm i tindran un rang de treball d'entre 0-60°C, adequat ja que les condicions de treball no superaran el rang en aquesta instal·lació. Per altra banda els manòmetres disposaran d'un rang de treball d'entre 0 i 6 bars.

8.11.3 Vàlvules

Vàlvula 3 vies, s'instal·larà una vàlvula abans de la connexió de la UTA, aquesta comunica la línia d'impulsió amb la de retorn, la seva funció és la de desviar el cabal d'aigua en cas que no hi hagi demanda de refrigerant, evitant el pas d'aquest per la bateria de la UTA.

A més a més s'instal·laran diverses claus de tall al llarg del circuit, tal com diu el propi nom, la seva funció és la de tallar el pas de refrigerant en un punt concret de la instal·lació per facilitar les tasques de manteniment o reparacions, entre d'altres. S'instal·laran a les connexions de la refredadora, a la línia d'expansió, al punt d'omplerta, a les connexions amb el dipòsit i a les connexions amb la unitat de tractament d'aire.

Vàlvula reguladora de cabal, de la marca IMI, model STAD, vàlvules d'alta precisió, permet ajustar el cabal perquè circuli el cabal exacte que es desitja al circuit, s'instal·larà a la línia de retorn.

Vàlvula de retenció, la seva funció és la de retenir el fluid i evitar que circuli en direcció contrària a la desitjada. S'instal·laran a la línia d'omplerta i a la línia d'impulsió, abans de la vàlvula 3 vies.

Vàlvula de seguretat, són vàlvules reductores de pressió, la seva funció és la de expulsar l'excés d'aigua del sistema quan la pressió superi un determinat valor a la que estan tarades, fins a recuperar els valors de treball. S'instal·laran en punts crítics de possible pujada de pressió o que pot ser perillós la pujada de pressió dins l'element, com seria el cas del dipòsit d'inèrcia. S'instal·laran dues vàlvules més, una a la línia d'omplerta i una a la línia d'expansió.

8.11.4 Purgadors

Purgador automàtic, la seva funció és la d'eliminar l'aire que hagi quedat estancat al circuit. S'instal·laran als punts més alts de la instal·lació, possibles punts on s'acumularà l'aire, menys dens que el refrigerant.

8.11.5 Comptador

Comptador d'aigua, s'instal·larà un comptador d'aigua a la línia d'omplerta, necessari per control del consum d'aigua de la instal·lació.

9. QUALIFICACIONS DE SALES BLANQUES

Per tal de poder acreditar la sala blanca com a ISO és necessari superar una sèrie de validacions o qualificacions per verificar i confirmar que es compleixen amb els estàndards o criteris de disseny, instal·lació i correcte funcionament que marquen les diverses normatives.

9.1 URS: Requeriments d'Usuari

Prèviament a l'inici del disseny del projecte cal realitzar el document anomenat Requeriments d'Usuari (URS), amb l'objectiu de proporcionar evidència documental on s'especifiquin les necessitats requerides per l'usuari i els aspectes clau de les normes de correcta fabricació GMP's i ISO. Per tant, en aquest document es recopilarà tota la informació i documentació relacionada amb els requisits per part de l'usuari, com seria definir l'abast del projecte i si es tracta d'una obra nova, ampliació o millora de la instal·lació. En el nostre cas indicar el nombre de sales i la seva denominació, les condicions ambientals (temperatura i humitat) desitjades a l'interior d'aquestes, les condicions ambientals exteriors de la nau segons la seva localització, les característiques dimensionals de les sales i si el client és un especialista en el sector o disposar d'assessor indicarà la classificació de les sales a nivell de partícules i pressions. En cas contrari, en la mesura de lo possible es prioritzaran les classificacions més baixes per tal d'abaratir la instal·lació i el cost dels components que la formaran. A més a més per facilitar les tasques de disseny als projectistes, seria convenient l'aportació de plànols de distribució de la planta.

Igual que a la resta de documents, en aquest hi haurà de constar un recull de firmes de responsabilitat i un registre de persones involucrades en el protocol dels requeriments d'usuari.

Un cop recopilada tota la documentació d'aquesta fase, serà revisada per personal qualificat, amb l'objectiu de comprovar la viabilitat dels requisits i posteriorment aconsellar a l'usuari per aconseguir una solució òptima.

Es pot veure una plantilla d'aquest tip de document a l'Annex D.1.

9.2 DQ: Qualificació de Disseny

Un cop realitzat el document URS, s'interpreta que s'han aclarit dubtes i s'han suggerit possibles solucions i/o millores respecte a la instal·lació al sol·licitant en qüestió. A continuació s'iniciarà la fase de disseny, portada a terme pel projectista adjudicat. L'objectiu de la Qualificació de Disseny (DQ) consisteix en validar que es compleixen els requisits de l'usuari, a més a més d'incloure en un document la descripció detallada del projecte on s'indicaran els equips que el conformen, les potències requerides, el sistema de distribució d'aire i el de control, a més a més de les ofertes, la selecció del proveïdor, la documentació aportada pel proveïdor i com hem dit amb l'objectiu de verificar que es compleixen amb els requisits d'usuari i de les normes GMP's i FDA, subjectes a variacions, per l'aprovació del disseny del projecte.

Igual que el document anterior a més a més de la descripció tècnica i abast del projecte, també s'hi inclourà un recull de firmes de responsabilitat i un registre d'implicats en el disseny del projecte i un pels implicats en la realització de la qualificació. Addicionalment s'incorporarà una llista de no conformitats per tal de millorar el disseny.

Es pot observar una plantilla d'aquest tipus de document a l'Annex D.2.

9.3 IQ: Qualificació d'Instal·lació

Un cop superada la qualificació de disseny es procedeix a la execució de la instal·lació, on un cop finalitzada, es realitzarà una inspecció a les instal·lacions acompanyada d'un document per tal de superar la Qualificació d'Instal·lació (IQ). Aquest inclourà tota la documentació detallada del projecte, com són descripció de la instal·lació, plànols, fitxes tècniques, certificats de calibració de sondes i transductors amb el registre de cada unitat, ja que seran comprovats un per un, entre d'altres. Tots aquests documents s'indicaran en les respectives taules registrant tot el material entregat. A més a més s'indicarà a un llistat de tots els components de la instal·lació, models, el nombre d'unitats, materials dels quals estan formats els equips i la seva ubicació. A continuació s'adjuntaran les mateixes taules i plànols per verificar que lo indicat correspon al material entregat i per tal de facilitar al personal tècnic qualificat desenvolupar la seva tasca de comprovació a obra de la correcte instal·lació tal com s'indica, garantint que es compleixen amb els requisits acordats. En el cas que hi hagi alguna disconformitat per part del personal qualificat durant la inspecció, si es vol obtenir la classificació de la sala i/o instal·lació, caldrà modificar la instal·lació seguint el que indica la normativa en qüestió.

Igual que els documents anteriors s'inclourà un recull de firmes de responsabilitat per part de la persona designada per la realització del document responsabilitzant-se d'estar qualificat per desenvolupar aquesta tasca. La persona designada per portar a terme la revisió del document i la persona que ha aprovat el document. A més a més del registre d'implicats per portar a terme la instal·lació i en la realització de la qualificació, a més del registre de no conformitats.

Veure plantilla d'exemple a l'Annex D.3.

9.4 OQ: Qualificació d'Operació

Per últim, un cop corregides les no conformitats detectades i superada la qualificació d'instal·lació només quedarà l'última fase anomenada Qualificació d'Operació (OQ). Aquesta consisteix en realitzar a obra una inspecció a fons de la instal·lació, com seria la mesura de caudals, velocitats, temperatures, pressions, comprovar que els elements de mesura i control instal·lats funcionen correctament, entre d'altres. És a dir, inclou tot lo necessari per garantir que es compleixen amb tots els valors descrits en el projecte i que tots els components i la instal·lació compleix amb les normatives vigents. A més a més, com en documents anteriors s'indicarà l'abast del projecte, i a continuació començarà a indicar-se les diverses verificacions seguint amb la normativa UNE-EN 14644-3.

9.4.1 Mesura de velocitats

Primerament hi haurà la verificació de la velocitat als equips terminals, com són difusors d'impulsió i reixes d'extracció, amb l'objectiu també de determinar el cabal d'aire per poder comprovar si es compleix amb el nombre de renovacions/hora establert per la normativa. Per portar a terme la mesura de la velocitat s'utilitzarà un anemòmetre, cal registrar-lo al document OQ indicant marca, model, rang de mesura, resolució, precisió i interval de calibratge. Un cop mesurades les velocitats de les unitats terminals i coneixent la seva secció podrem saber el caudal d'aire real utilitzant l'expressió següent:

$$Q = V \cdot S \text{ (} m^3/s \text{)} \quad (\text{Eq.11})$$

On:

Q : Cabal d'aire (m^3/s)

V : Velocitat d'aire (m/s)

S : Àrea de conducte (m^2)

Un cop definit el caudal es podran saber les renovacions hora reals en funció del volum de sala, pel càlcul s'utilitzarà l'expressió següent:

$$R = \frac{Q}{V} \cdot 3600(s) \quad (\text{Eq. 12})$$

On:

R : Renovacions hora (ren/h)

Q : Cabal d'aire (m^3/s)

V : Velocitat d'aire (m/s)

Per saber el nombre de mesures de velocitat en cada unitat terminal s'aplicarà \sqrt{A} , essent A deu vegades la superfície útil de la unitat, arrodonint sempre el resultat al valor superior. Cal tenir en compte que el nombre de mesures mínimes a una unitat terminal no seran mai inferior a 4. Aquestes es realitzaran a una distància igual o superior a 15cm del difusor o reixa. Als difusors utilitzarem un con de caudal que ens proporcionarà el valor directament.

9.4.2 Comptatge de partícules

Es continuarà amb el comptatge de partícules, amb l'objectiu de verificar la qualitat de l'ambient de la sala mitjançant la valoració de la concentració de partícules en suspensió i la seva distribució en diferents mides. Les mesures es portaran a terme en mode repòs, és a dir, la instal·lació en funcionament i els equips de producció amb tensió però sense personal treballant.

Per portar a terme les diverses mesures s'utilitzarà un comptador òptic de partícules (DPC), dispositiu amb registre de nombre de partícules i la seva mida. Igual que l'aparell per la mesura anterior s'emplenarà un registre de l'aparell indicant la marca, model, rang de mesura, sensibilitat, caudal i interval de calibratge.

En funció de la mida de la sala es realitzarà un nombre de mesures determinat per \sqrt{A} (essent A la superfície de la sala), arrodonint sempre el resultat al valor superior. Independentment de les dimensions de sala, sempre es realitzaran un mínim de dues mesures. Aquestes es

prendran de manera distribuïda uniformement per tota la superfície de la sala i a l'altura de treball.

El volum d'aire a aspirar a cada punt dependrà de la classificació de la sala. En qualsevol cas el volum de mesura mai serà inferior a 2 litres, amb un temps mínim de mesura de 1 minut per punt, i està determinat per la següent equació:

$$V_S = \frac{20}{C_{n,m}} \cdot 3600 \quad (\text{Eq. 13})$$

On:

V_S : Caudal d'aire mínim per cada mesura (l)

$C_{n,m}$: És el límit de la classificació (número de partícules per metre cúbic) per la mida més gran de partícula mesurada de la classe corresponent

P: Nombre límit de partícules que pot ser mesurada segons la classificació

La sonda de mesura s'ha d'ubicar al flux de l'aire, si la direcció del flux d'aire no està controlat o varia, cal posicionar la sonda verticalment.

Cal incloure a l'informe de resultats el registre de la concentració de partícules de cada mesura i la ubicació exacta on s'ha realitzat indicada a un plànol.

Per tal que la instal·lació compleixi amb la classificació, tan si el valor mig de concentració de partícules, com el límit superior $(1-\alpha) = 95\%$ (s'aplica quan el nombre de mesures totals és entre una i deu, no ha d'excedir dels límits indicats a les taules següents:

LÍMIT DE CONCENTRACIÓ DE PARTÍCULES/m³ SEGONS LES GMP's				
CLASE	CONDICIÓN AT REST		CONDICIÓN IN OPERATION	
	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$
A	3.520	20	3.520	20
B	3.520	29	352.000	2.900
C	352.000	2.900	3.520.000	29.000
D	3.520.000	29.000	No definido	No definido

Taula 36. Límit de concentració de partícules segons les GMP's

LÍMIT DE CONCENTRACIÓ DE PARTÍCULES/m³ SEGONS ISO 14644-1						
CLASE	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1µm	5 µm
1	10	2	-	-	-	-
2	100	24	10	4	-	-
3	1000	237	102	35	8	-
4	10000	2370	1020	352	83	-
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7	-	-	-	352000	83200	2930
8	-	-	-	3520000	832000	29300
9	-	-	-	35200000	8320000	293000

Taula 37. Límit de concentració de partícules segons la ISO 14644

9.4.3 Temperatura i humitat relativa

El següent test a realitzar es porta a terme amb l'objectiu de comprovar la capacitat de control de la instal·lació, mantenint aquests dos valors dintre dels límits desitjats. Igual que per la resta d'assajos es portarà a terme el registre dels aparells utilitzats, en aquest cas un termòmetre i un higròmetre.

Per portar a terme aquestes mesures cal haver realitzat prèviament l'assaig de partícules i haver passat un cert temps d'estabilització de la sala. Per mesurar la temperatura i humitat, col·locarem les sondes al punt especificat i a l'altura de treball, un cop passat un cert temps suficient perquè s'estabilitzi es procedirà al registre de valors. El temps mínim de mesura ha de ser de cinc minuts, realitzant un registre cada minut. Al formulari hi constarà el valor mig de les mesures realitzades.

9.4.4 Pressió diferencial

L'objectiu de la prova és comprovar la capacitat de la instal·lació i de les sales per mantenir el diferencial de pressió especificat. Les mesures es realitzaran amb un micromanòmetre electrònic prèviament registrat.

Per portar a terme les mesures caldrà que totes les portes de la instal·lació estiguin totalment tancades. Es mesurarà la pressió diferencial entre la sala i qualsevol pressió de l'entorn pròxim i entre qualsevol pressió de l'entorn pròxim i de l'exterior. Es connectarà un tub de silicona al

pol negatiu de l'aparell, que es connectarà a la toma de control de la pressió diferencial, si se'n disposa, en cas contrari es faria passar el tub per sota de la porta.

Veure plantilla d'exemple a l'Annex D.4.

10. NORMATIVA

Salas blanques:

- UNE-EN ISO 14644: 1999 Salas limpias y ambientes controlados relacionados. Tracta les especificacions, mètodes, disseny, construcció, funcions, posada en marxa, entre d'altres de les instal·lacions d'ambient controlat.
- UNE-EN ISO 14644-1: 2016 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas.
- UNE-EN ISO 14644-2: 2016 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Seguimiento para proporcionar evidencias del desempeño en relación con la limpieza del aire mediante la concentración de partículas.
- UNE-EN ISO 14644-3: 2006 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 3: Métodos de ensayo
- UNE-EN ISO 14644-4: 2001 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 4: Diseño, construcción y puesta en servicio.
- UNE-EN ISO 14644-5: 2005 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 5: Funcionamiento.
- UNE-EN ISO 14644-6: 2008 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 6: Vocabulario (ANULADA)
- UNE-EN ISO 14644-7: 2005 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos)
- UNE-EN ISO 14644-8: 2014 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 8: Clasificación de la limpieza del aire por concentración química.
- UNE-EN ISO 14644-9: 2014 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 9: Clasificación de la limpieza de superficies mediante la concentración de partículas.
- UNE-EN ISO 14644-10: 2014 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 10: Clasificación de la limpieza de la superficie por concentración química.
- ISO 14644-12: 2018 Cleanrooms and associated controlled environments – Part 12: Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration
- UNE-EN ISO 14644-13: 2018 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 13: Limpieza de superficies para alcanzar niveles definidos de limpieza en términos de clasificaciones de partículas y químicos.
- UNE-EN ISO 14644-14: 2017 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 14: Evaluación de la idoneidad para la utilización de equipo por concentración de partículas en suspensión en el aire.

- UNE-EN ISO 14644-15: 2018 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 15: Evaluación de la idoneidad para el uso de equipos y materiales por la concentración química en el aire.
- ISO 14644-16: 2019 Cleanrooms and associated controlled environments - Part 16: Energy efficiency in cleanrooms and separative devices
- UNE-EN 1822-1: 2010 Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado.
- UNE 100713: 2003 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. Classificació de locals segons la qualitat de l'aire.
- ISO/DIS 14698: Control de la biocontaminación en salas limpias
- Normas de Correcta Fabricación (GMP): 2011 Medicamentos de uso humano y uso veterinario.

Instal·lació frigorífica i climatització:

- CTN: AEN/CTN 100 - Climatización
- CTE-HS3: 2015 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Dimensionament de conductes.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. 2007.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de Febrero, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE).
- Real Decreto 2429/1979, de 6 de Julio, NBE ST-79: Condiciones térmicas en los edificios.
- Orden del 27 de Abril de 1987 de aprobación de la norma reglamentaria de edificación sobre aislamiento térmico NRE-AT-87.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- EN 13321-2: 2012 Comunicación abierta de datos en automatización, control y gestión de edificios. Sistemas electrónicos para viviendas y edificios. Parte 2: Comunicación KNX/IP.
- EN 14908-2: 2014 Comunicación abierta de datos en automatización, control y gestión de edificios. Protocolo de control de red. Parte 2: Comunicación por par trenzado.
- UNE 100001: 2001 Climatización. Condiciones climáticas para proyectos.

- UNE 100002: 1988 Climatización. Grados-día base 15 grados centígrados.
- UNE 100014:2004 IN Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.
- UNE 100155:2004 Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- UNE 100156:2004 IN Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.
- UNE 100171:1989 IN Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación.
- UNE 100713:2005 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.
- UNE 100716:2012 Medición y cuantificación de la superficie exterior de los conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular.
- UNE 100717:2013 Medición y cuantificación de los conductos de aire de chapa metálica de sección circular y oval.
- NE-EN 378-1:2008+A2:2012 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 1: Requisitos básicos, definiciones, clasificación y criterios de elección.
- UNE-EN 378-2:2008+A2:2012 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 2: Diseño, fabricación, ensayos, marcado y documentación.
- UNE-EN 378-3:2008+A1:2012 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 3: Instalación "in situ" y protección de las personas.
- UNE-EN 378-4:2008+A1:2012 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación.
- UNE-EN 779:2013 Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.
- UNE-EN 1505:1999 Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios, de sección rectangular. Dimensiones.
- UNE-EN 1506:2007 Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección circular. Dimensiones.
- NE-EN 1507:2007 Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.

- UNE-EN 1736:2009 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Elementos flexibles de tubería, aisladores de vibración, juntas de dilatación y tubos no metálicos. Requisitos, diseño e instalación.
- UNE-EN 1822-2:2010 Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 2: Producción de aerosol, aparatos de medición, estadísticas de conteo de partículas.
- UNE-EN 1822-5:2010 Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 5: Medida de la eficacia de la célula filtrante.
- UNE-EN 1861:1999 Sistemas frigoríficos y bombas de calor. Esquemas sinópticos para sistemas, tuberías e instrumentación. Configuración y símbolos.
- UNE-EN 1886:2008 Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Rendimiento mecánico.
- UNE-EN 12220:2000 Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones de bridas circulares para ventilación general.
- UNE-EN 12236:2003 Ventilación de edificios. Soportes y apoyos de la red de conductos. Requisitos de resistencia.
- UNE-EN 12284:2005 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Válvulas. Requisitos, ensayos y marcado.
- UNE-EN 12263:1999 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Dispositivos interruptores de seguridad para limitar la presión. Requisitos y ensayos.
- UNE-EN 12693:2009 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Compresores volumétricos para fluidos refrigerantes.
- UNE-EN 13136:2014 Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Dispositivos de alivio de presión y sus tuberías de conexión. Métodos de cálculo.
- UNE-EN 13180:2003 Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles.
- UNE-EN 14276-1:2007+A1:2011 Equipos a presión para sistemas de refrigeración y bombas de calor. Parte 1: Recipientes. Requisitos generales.
- UNE-EN 14276-2:2008+A1:2011 Equipos a presión para sistemas de refrigeración y bombas de calor. Parte 2: Redes de tuberías. Requisitos generales.
- UNE-EN 14799:2008 Filtros de aire para la limpieza general del aire. Terminología.

- UNE-EN 15243:2009 Ventilación de los edificios. Cálculo de la temperatura de los recintos, de la carga y de la energía para los edificios con sistemas de acondicionamiento de aire.

11. RESUM DEL PRESSUPOST

Puja el Pressupost d'EXECUSIÓ per Contracta a falta d'iva la quantitat de **CINQUANTA-TRES MIL CENT TRENTA-TRES AMB VINT-I-SIS CÈNTIMS (53.133,26 €)**.

12. CONCLUSIONS

Com s'ha pogut veure al llarg de tot el projecte, s'ha complert amb els objectius del projecte, els quals inclouen veure tot el procés de climatització d'un laboratori. Des dels requeriments inicials d'usuari, passant pel disseny i dimensionament de la instal·lació.

S'ha portat a terme tan el dimensionament de la part frigorífica, que ha de donar servei a la bateria de la unitat de tractament d'aire, formada per la refredadora, canonades de PPR i la resta d'accessoris necessaris. A més a més de la part HVAC, de tractament, renovació i filtratge d'aire, formada principalment per la unitat de tractament d'aire, conductes i elements terminals.

Finalment un cop realitzat el dimensionament, s'han pogut veure els diversos requisits, procediments i qualificacions a superar per tal d'obtenir les classificacions de sala desitjades.

Ferran Sala Soler

Vic, a 30 de Juliol de 2019.

13. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT 1. MEMÒRIA I ANNEXES

ANNEX A. Càlculs

ANNEX B. Estudi de seguretat i salut

ANNEX C. Descripcions tècniques

ANNEX C. Qualificacions

DOCUMENT 2. PLÀNOLS

DOCUMENT 3. PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4. ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5. PRESSUPOST

14. BIBLIOGRAFIA

- DAIKIN AC SOFTWARE. Programa informàtic de càlcul i selecció de equips de climatització. Japó.
- FREDVIC. Instal·lacions de fred i climatització industrial. Vic. 1979.
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia. Condiciones climatológicas de Reus.
- INGELYT. Ingeniería i instal·lacions de sales blanques. Barcelona. (<https://ingelyt.com>, 2017)
- ISCLEANROOMS. Ingeniería i instal·lació de sales blanques. Barcelona. (<https://iscleanrooms.com>)
- METEOCAT. Servei meteorològic de Catalunya. Condiciones climatológicas de Reus (<http://www.meteo.cat>, 2017)
- MODINESCELECT. Programa informàtic de càlcul de càrregues tèrmiques de cambres frigorífiques, selecció d'evaporadors i condensadors. Luvata.
- PUREVER COLDKIT. Catàleg de tancaments de panell. Espanya. 2017.
- RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. Espanya. 2007.
- SOLER&PALAU. Document pel dimensionament de conductes. Espanya. 2017.
- SYSTEMAIR HVAC. Unitats de tractament d'aire. Fuenlabrada. 2017.
- TROX. Programa informàtics de selecció d'elements de difusió. Trox Alemanya. 2017.
- AIRTUB. Fabricació de conductes per la ventilació i climatització. Barcelona (<https://www.airtub.es>, 2019)

15. GLOSSARI

A continuació es llisten un conjunt d'abreviatures, símbols, acrònims entre d'altres nombrats al document en qüestió, que si no es té coneixement del tema són de difícil comprensió:

- SAS: Àrees que garanteixen les condicions durant la transferència de productes o persones d'una zona a l'altra, evitant així la contaminació en ambdues direccions.
- Sala blanca: Zona en la que es manipula amb productes farmacèutics o alimentaris.
- HVAC: Sistema que inclou ventilació de les zones, filtratge de partícules i climatització dels espais a tractar.
- GMP: Good manufacturing practice, són les normes internacionals de qualitat d'obligatori compliment per la fabricació de medicaments.
- ISO: Organització Internacional de Normativa, organisme que estableix i controla les normes internacionals de fabricació de totes les àrees industrials
- UNE-EN ISO 14644: Salas limpias y locales anexos controlados
- PIR: Poliisocianurato
- PUR: Poliuretà
- PPR: Canonades de polipropilè
- DT: Diferencial de temperatura
- ITE: Instrucción Técnica Complementaria
- IDAE: Instituto para la diversificación y ahorro de energia