



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología
Sección de Ingeniería Industrial

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO FIN DE GRADO

Título:

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO
PRINCIPAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y
RADIOELECTRÓNICA NAVAL

Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

Alumno: Sergio Miguel Alonso Montañez

Tutoras: Isabel Teresa Martín Mateos

Beatriz Trujillo Martín

Junio 2015

Resumen del Trabajo Fin de Grado

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de las instalaciones de climatización de la escuela de Ingeniería Náutica de localidad de Santa Cruz de Tenerife, basándose para ello en las condiciones técnicas y legales establecidas. Los pasos seguidos se detallan a continuación.

Para el cálculo de las instalaciones es necesario determinar primero las características del edificio: ubicación, orientación, distribución, superficie, materiales de construcción y cerramientos. Las condiciones interiores de confort se establecen en 24° C y 50% de humedad relativa en verano.

Las cargas térmicas son debidas a la transmisión, la infiltración, la ocupación, la iluminación, los equipos y principalmente, a la radiación, que depende de la orientación. Siendo necesario establecer las necesidades del caudal de ventilación en función del nivel de ocupación.

La instalación de climatización del edificio principal de la escuela cuenta principalmente con equipos de refrigeración, tuberías, conductos de aire, rejillas, difusores, UTA y climatizadores. La decisión entre instalar sistemas Split o UTA se basa en las cargas del área de estudio; además, se precisan dos circuitos de aire de impulsión y la de extracción para el caso del salón de actos.

El caudal de aire que se debe impulsar desde cada climatizador al salón de actos determinará las dimensiones de los conductos de chapa, aislados para evitar pérdidas en el camino. El método de cálculo es el de rozamiento constante. El caudal de aire depende una vez más de la carga que hay que contrarrestar y de la sobrepresión establecida para combatir las infiltraciones. Los conductos irán, por lo tanto, desde la unidad de tratamiento de aire de la cubierta hasta el local. El aire será impulsado a la habitación por los difusores y retornado por las rejillas, cuyos tamaños vendrán dados por el caudal.

Santa Cruz de Tenerife 8/06/2015

Sergio Miguel Alonso Montañez

Final Project Overview

This main objective of this Project is to design HVAC installations of Nautical Engineering School of Santa Cruz de Tenerife, relying on established technical and legal conditions. The steps followed are outlined below.

For the calculation of the facility is first necessary to determine the characteristics of the building: location, orientation, distribution, size, building materials and fixtures. Interior comfort conditions was setted out in 24° c and 50% relative humidity in summer.

The thermal loads are due to transmission, infiltration, occupancy, lighting, equipment and mainly to the radiation, which depends on the orientation. It is necessary to establish the needs of ventilation rate depending on the level of occupation.

The air conditioning in the main school building has mainly refrigeration equipment, piping, air ducts, grilles, diffusers, UTA and air conditioners. The decision between Split or UTA installation is based on the loads of the study área. Also two circuits supply air and extraction in the case of the auditorium are required.

The airflow to be driven from every climate to the auditorium determine the dimensions of the ducts, isolated to avoid losses along the way. The calculation method is the constant friction. the air flow depends again on the load to be offset and to combat established overpressure infiltrations. The ducts will, therefore, from the air handling unit housing to local. The air will be driven to the room by broadcasters and returned by the grids, whose sizes are given by the flow.

Santa Cruz de Tenerife 8/06/2015

Sergio Miguel Alonso Montañez

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Índice General

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE
NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

AUTOR:

Sergio Miguel Alonso Montañez

1. Índice General	pág.
2. Memoria.....	16
2.0 Hoja de identificación.....	20
2.1 Objeto.....	21
2.2 Alcance.....	21
2.3 Antecedentes.....	21
2.4 Normas y referencias.....	22
2.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	22
2.4.2 Bibliografía.....	23
2.4.3 Programas de cálculo.....	24
2.5 Definiciones y abreviaturas.....	24
A-Definiciones.....	24
2.6 Requisitos de diseño.....	25
2.6.1 Descripción y características del entorno a climatizar.....	27
2.6.2 Descripción arquitectónica.....	27
2.6.3 Horario de funcionamiento y cálculo de caudales del aire de extracción.....	27
2.6.4 Descripción de los cerramientos. Cálculo de los coeficientes de K.....	29
2.6.5 Condiciones exteriores de cálculo.....	30
2.6.6 Evolución de las condiciones de temperatura exterior.....	30

2.6.7 Condiciones interiores de cálculo.....	31
2.6.8 Niveles de iluminación.....	32
2.7 Cálculo de cargas térmicas.....	33
2.7.1 Carga sensible.....	34
2.7.1.1 Carga debido a la radiación a través de las ventanas.....	34
2.7.1.2 Carga debido a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.....	34
2.7.1.3 Carga por transmisión por paredes de pasillo.....	36
2.7.1.4 Carga debido a las infiltraciones.....	36
2.7.1.5 Carga debido a la ocupación.....	37
2.7.1.6 Carga debido a la iluminación.....	38
2.7.1.7 Carga sensible efectiva.....	38
2.7.2 Carga latente.....	38
2.7.2.1 Carga latente por ocupación.....	39
2.7.2.2 Carga latente por infiltración.....	39
2.7.2.3 Carga latente efectiva.....	39
2.7.3 Resumen del cálculo de cargas térmicas.....	40
2.7.4 Cálculo del caudal de ventilación.....	40
2.7.4.1 Cálculo de redes de conductos.....	41

2.7.5 Análisis de soluciones.....	44
2.7.5.1 Análisis de las aulas dedicadas a la docencia.....	45
2.7.5.2 Análisis del salón de actos.....	47
2.8 Descripción de la solución adoptada.....	48
2.8.1 Zona nº 1.....	48
2.8.2 Zona nº 2.....	48
2.8.3 Zona nº 3.....	49
2.8.4 Máquinas elegidas.....	49
2.9 Instalación eléctrica.....	52
2.9.1 Potencia total de la instalación.....	53
2.9.2 Cálculo de los conductores.....	53
2.9.3 Distribución de la instalación.....	54
2.9.4 Material seleccionado.....	55
2.9.5 Consideraciones de la instalación.....	56
2.9.6 Resultados y esquema unifilar.....	61
2.10 Orden de prioridad de los documentos básicos.....	61
3. Anexos.....	62
Anexo I: Cálculo de cargas térmicas	
3.1 Introducción.....	68
3.2 Estudio del local, características del local y fuentes de carga térmicas.....	68

3.3 Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto.....	68
3.3.1 Cargas exteriores.....	68
3.3.2 Cargas interiores.....	69
3.4 Condiciones exteriores de proyecto.....	69
3.5 Condiciones interiores de cálculo.....	71
3.6 Cálculo de cargas térmicas.....	71
3.6.1 Carga sensible.....	72
3.6.1.1 Carga debida a la radiación a través de ventanas.....	72
3.6.1.2 Carga debida a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.....	72
3.6.1.3 Carga por transmisión para paredes de pasillo.....	76
3.6.1.4 Carga debida a las infiltraciones.....	79
3.6.1.5 Carga debida a la ocupación.....	79
3.6.1.6 Carga debida a la iluminación.....	81
3.6.1.7 Carga sensible efectiva.....	82
3.6.2 Carga latente.....	83
3.6.2.1 Carga latente por ocupación.....	83
3.6.2.2 Carga latente por infiltración.....	83
3.6.2.3 Carga latente efectiva.....	84
3.6.3 Cálculo del caudal de ventilación.....	84
3.7 Estudio Psicrométrico. Cálculo del factor de calor sensible efectivo.....	85
3.8 Cálculo de los conductos de ventilación.....	111

3.8.1 Consideraciones iniciales.....	111
3.8.2 Método de cálculo.....	113
3.8.3 Resultados.....	116
Anexo II: Cálculos eléctricos	
3.9 Potencia total de la instalación.....	120
3.10 Cálculo de los conductores.....	120
3.11 Elección de tubos de protección y toma de tierra.....	123
Anexo III: Características técnicas de los equipos	
3.12 Características técnicas de los equipos exteriores.....	127
3.13 Características técnicas de los equipos interiores.....	128
3.14 Características técnicas de la enfriadora de agua.....	129
3.15 Características técnicas de la unidad de tratamiento de aire (UTA).....	130
3.16 Características técnicas de las rejillas de impulsión/retorno.....	131
4. Planos.....	132
4.1 Plano 1: Distribución equipos interiores 1ª planta.....	134
4.2 Plano 2: Distribución equipos interiores 2ª planta.....	135
4.3 Plano 3: Distribución de equipos exteriores en cubierta 1.....	136
4.4 Plano 4: Distribución de equipos exteriores en cubierta 2.....	137
4.5 Plano 5: Distribución conductos de ventilación.....	138
4.6 Plano 6: Instalación eléctrica 1ª planta.....	139
4.7 Plano 7: Instalación eléctrica 2ª planta.....	140
4.8 Plano 8: Instalación eléctrica cubierta y planta baja.....	141
4.9 Plano 9: Esquema unifilar.....	142

5. Pliego de condiciones.....	143
5.1.- Condiciones facultativas.....	147
5.1.1. Técnico director de obra.....	147
5.1.2. Constructor o instalador.....	148
5.1.3. Verificación de los documentos del proyecto.....	148
5.1.4. Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	149
5.1.5. Presencia del constructor o instalador en la obra.....	149
5.1.6. Trabajos no estipulados expresamente.....	149
5.1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.....	149
5.1.8. Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa....	149
5.1.9 Faltas de personal.....	150
5.1.10. Caminos y accesos.....	150.
5.1.11. Replanteo.....	151
5.1.12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.....	151
5.1.13. Orden de los trabajos.....	151
5.1.14. Facilidades para otros contratistas.....	152
5.1.15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	152
5.1.16. Prórroga por causa de fuerza mayor.....	152
5.1.17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	152
5.1.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	153

5.1.19. Obras ocultas.....	154
5.1.20. Trabajos defectuosos.....	154
5.1.21. Vicios ocultos.....	154
5.1.22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia.....	154
5.1.23. Materiales no utilizables.....	154
5.1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	155
5.1.25. Limpieza de las obras.....	155
5.1.26. Documentación final de la obra.....	155
5.1.27. Plazo de garantía.....	155
5.1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	156
5.1.29. De la recepción definitiva.....	156
5.1.30. Prórroga del plazo de garantía.....	156
5.2.- condiciones económicas.....	156
5.2.1. Composición de los precios unitarios.....	156
5.2.2. Precio de contrata. Importe de contrata.....	158
5.2.3. Precios contradictorios.....	158
5.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	159
5.2.5. De la revisión de los precios contratados.....	159
5.2.6. Acopio de materiales.....	159
5.2.7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores.....	159
5.2.8. Relaciones valoradas y certificaciones.....	160

5.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas.....	161
5.2.10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.....	161
5.2.11. Pagos.....	161
5.2.12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.....	162
5.2.13. Demora de los pagos.....	162
5.2.14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.....	162
5.2.15. Unidades de obra defectuosa pero aceptable.....	163
5.2.16. Seguro de las obras	163
5.2.17. Conservación de la obra.....	164
5.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario.....	164
5.3. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones de climatización.....	165
5.3.1.- Condiciones generales.....	165
5.3.2.- Condiciones que han de cumplir los materiales.....	165
5.3.3.- Ejecución de las obras.....	166
5.3.4.- Pruebas para la recepción de las obras.....	168
5.4.-Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión.....	168
5.4.1. Condiciones generales.....	169
5.4.2. Canalizaciones eléctricas.....	169
5.4.3. Conductores.....	170
5.4.5. Mecanismos y tomas de corriente.....	191

5.4.6. Paramenta de mando y protección.....	195
5.4.7. Receptores de alumbrado.....	201
5.4.8. Receptores a motor.....	202
5.4.9. Puestas a tierra.....	206
5.4.10. Inspecciones y pruebas en fábrica.....	210
5.4.11. Control.....	211
5.4.12. Seguridad.....	211
5.4.13. Limpieza.....	212
5.4.14. Mantenimiento.....	212
5.4.15. Criterios de medición.....	212
6. Estudio de seguridad y salud.....	214
6.1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud.....	218
6.2. Alcance del estudio básico de seguridad y salud.....	218
6.3. Memoria informativa.....	218
6.3.1. Metodología.....	218
6.3.2. Datos de la obra y antecedentes.....	219
6.3.3. Tipo de trabajos.....	220
6.3.4. Maquinaria y medios auxiliares.....	221
6.4. Medidas de prevención generales	222
6.4.1. Señalización.....	222
6.4.2. Iluminación.....	227
6.4.3. Señales óptico-acústicas de vehículos de obra.....	227
6.4.4. Circulación y accesos a la obra	228

6.4.5. Protecciones colectivas.....	229
6.4.6. Protecciones personales.....	230
6.4.7. Formación del personal sobre riesgos laborales.....	231
6.5. Riesgos y medidas preventivas	232
6.5.1. Acopio, armado e izado de estructuras y paneles.....	232
6.5.1.1. Evaluación de riesgos.....	232
6.5.1.2. Medidas preventivas a adoptar.....	232
6.5.2. Manejo manual de cargas	233
6.5.2.1. Evaluación de riesgos.....	234
6.5.2.2. Medidas preventivas a adoptar	235
6.5.3. Utilización de maquinaria de izado: grúas móviles.....	235
6.5.3.1. Evaluación de riesgos.....	235
6.5.3.2. Medidas preventivas a adoptar	236
6.5.4. Cuadros e instalaciones eléctricas.....	236
6.5.4.1. Evaluación de riesgos.....	236
6.5.4.2. Medidas preventivas a adoptar.....	237
6.5.5. Estructuras.....	237
6.5.5.1. Evaluación de riesgos.....	237
6.5.5.2. Medidas preventivas a adoptar	237
6.5.6. Balizamiento e instalación de protecciones.....	238
6.5.6.1. Evaluación de riesgos.....	238

6.5.6.2. Medidas preventivas a adoptar	238
6.5.7. Trabajos en altura en accesorios.....	238
6.5.7.1. Evaluación de riesgos.....	238
6.5.7.2. Medidas preventivas a adoptar	239
6.6. Obligaciones del promotor.....	241
6.6.1. Coordinadores en materia de seguridad y salud.....	241
6.6.2. Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	242
6.7. Obligaciones de los contratistas y subcontratistas.....	244
6.8. Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	245
6.9. Libro de incidencias.....	245
6.10. Paralización de los trabajos.....	246
6.11. Derechos de los trabajadores.....	246
6.12. Primeros auxilios y vigilancia de la salud.....	246
6.13. Plan de emergencia.....	247
6.13.1 Actuación en caso de accidente	248
6.13.2 Lucha contra incendios.....	248
6.13.3 Evacuación de los trabajadores.....	248
6.14. Normativa aplicable relativa a seguridad y salud.....	248
7. Mediciones y Presupuesto.....	251
7.1 Desglose presupuesto.....	253
7.2 Resumen Presupuesto.....	259

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Memoria

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE
NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Memoria

2. Memoria.....	16
2.0 Hoja de identificación.....	20
2.1 Objeto.....	21
2.2 Alcance.....	21
2.3 Antecedentes.....	21
2.4 Normas y referencias.....	22
2.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	22
2.4.2 Bibliografía.....	23
2.4.3 Programas de cálculo.....	24
2.5 Definiciones y abreviaturas.....	24
A-Definiciones.....	24
2.6 Requisitos de diseño.....	25
2.6.1 Descripción y características del entorno a climatizar.....	27
2.6.2 Descripción arquitectónica.....	27
2.6.3 Horario de funcionamiento y cálculo de caudales del aire de extracción.....	27
2.6.4 Descripción de los cerramientos. Cálculo de los coeficientes de K.....	29
2.6.5 Condiciones exteriores de cálculo.....	30
2.6.6 Evolución de las condiciones de temperatura exterior.....	30

2.6.7 Condiciones interiores de cálculo.....	31
2.6.8 Niveles de iluminación.....	32
2.7 Cálculo de cargas térmicas.....	33
2.7.1 Carga sensible.....	34
2.7.1.1 Carga debido a la radiación a través de las ventanas.....	34
2.7.1.2 Carga debido a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.....	34
2.7.1.3 Carga por transmisión por paredes de pasillo.....	36
2.7.1.4 Carga debido a las infiltraciones.....	36
2.7.1.5 Carga debido a la ocupación.....	37
2.7.1.6 Carga debido a la iluminación.....	38
2.7.1.7 Carga sensible efectiva.....	38
2.7.2 Carga latente.....	38
2.7.2.1 Carga latente por ocupación.....	39
2.7.2.2 Carga latente por infiltración.....	39
2.7.2.3 Carga latente efectiva.....	39
2.7.3 Resumen del cálculo de cargas térmicas.....	40
2.7.4 Cálculo del caudal de ventilación.....	40
2.7.5 Análisis de soluciones.....	44
2.7.5.1 Análisis de las aulas dedicadas a la docencia.....	45

2.7.5.2 Análisis del salón de actos.....	47
2.7.4 Cálculo de redes de conductos.....	48
2.8 Descripción de la solución adoptad.....	48
2.8.1 Zona nº 1.....	48
2.8.2 Zona nº 2.....	48
2.8.3 Zona nº 3.....	49
2.8.4 Máquinas elegidas.....	49
2.9 Instalación eléctrica.....	52
2.9.1 Potencia total de la instalación.....	53
2.9.2 Cálculo de los conductores.....	53
2.9.3 Distribución de la instalación.....	54
2.9.4 Material seleccionado.....	55
2.9.5 Consideraciones de la instalación.....	56
2.9.6 Resultados y esquema unifilar.....	61
2.10 Orden de prioridad de los documentos básicos.....	61

2.0 Hoja de identificación

PROYECTO	
TÍTULO	Estudio de climatización del edificio principal de la escuela politécnica superior de Ingeniería, sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
EMPLAZAMIENTO	Vía Auxiliar Paso Alto, 2 38001 Santa Cruz de Tenerife Coordenadas UTM: 28°28'52.5" N 16°14'24.4" O

PETICIONARIO	
NOMBRE	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, sección de Ingeniería Industrial.
DIRECCIÓN	Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n
LOCALIDAD	San Cristóbal de La Laguna (Santa Cruz de Tenerife)

AUTOR	
NOMBRE	Sergio Miguel Alonso Montañez
DNI	78858143-K
DIRECCIÓN	C/ Comandante Sánchez Pinto nº 3 2º E
LOCALIDAD	Santa Cruz de Tenerife
EMAIL	alu0100491043@ull.edu.es
FECHA Y FIRMA	Junio 2015

2.1 Objeto

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de las instalaciones de climatización, sólo refrigeración por la necesidad de obtener un bienestar térmico durante los meses de verano, del edificio principal perteneciente a la escuela de Ingeniería Náutica de la Universidad de La Laguna ubicado en la localidad de Santa Cruz de Tenerife. Concretamente se realizará el estudio para las aulas de la primera y segunda planta, además del salón de actos, basándose para ello en las condiciones técnicas y legales establecidas.

2.2 Alcance

El alcance del presente proyecto es justificar las instalaciones de climatización (refrigeración) y alimentación eléctrica de los equipos a instalar en la citada facultad de Ingeniería Náutica. La potencia térmica nominal en generación de frío será mayor de 70 kW, por lo que se requiere la realización de un proyecto que pretenda abarcar el diseño de la instalación de climatización definiendo todo el material necesario para la ejecución.

Para el cálculo de las instalaciones será necesario determinar primero las características del edificio: ubicación, orientación, distribución, superficie, materiales de construcción y cerramientos. Las condiciones interiores de confort se establecerán según normativa, basándonos en ello y en los estudios meteorológicos-climáticos de Santa Cruz de Tenerife, se diseñará la instalación que asegure que se superan las condiciones más desfavorables posibles en verano.

2.3 Antecedentes

Hasta el momento no existe un estudio pormenorizado de las instalaciones de climatización necesarias para conseguir un estado de bienestar térmico óptimo en la escuela de Ingeniería Náutica.

A continuación se describe el estado actual de los diferentes espacios.

-Primera planta (Aulas 1.1 a 1.5): Actualmente no existe ningún tipo de sistema de acondicionamiento de aire en las mismas por lo que el valor de la humedad y la temperatura dependen de las condiciones ambientales, lo que significa que durante los meses de verano

habrán temperaturas de hasta 30°C y humedades relativas entre 70-80%

-Segunda planta (Aulas 2.1 a 2.5) : Actualmente no existe ningún tipo de sistema de acondicionamiento de aire en las mismas por lo que el valor de la humedad y la temperatura dependen de las condiciones ambientales, lo que significa que durante los meses de verano habrá temperaturas de hasta 30°C y humedades relativas entre 70-80%

-Salón de Actos: Del mismo modo que para las aulas dedicadas a la docencia, no existe ningún tipo de sistema de acondicionamiento de aire en el salón de actos, por lo que el valor de la humedad y la temperatura dependen de las condiciones ambientales, lo que significa que durante los meses de verano habrá temperaturas de hasta 30°C y humedades relativas entre 70-80%. Se debe tener especial atención en este espacio ya que no se utiliza en su totalidad salvo algunos días al año (seminarios y graduaciones)

2.4 Normas y referencias

2.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

En el diseño de las instalaciones se ha tenido en cuenta las especificaciones de reglamentos y normas vigentes que le afectan, concretamente:

- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), y sus Instrucciones Técnicas (ITE), aprobadas por el Real Decreto 1751/98.
- Norma Básica NBE-CT-79, Condiciones Térmicas en los Edificios, aprobada por el Real Decreto 2429/79.
- Real Decreto 275/1995 de 24 de Febrero por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 94/42/CEE, modificada por el artículo 12 de la Directiva del Consejo 93/68/CEE.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales aprobada por Real Decreto 31/1995 de 8 de Noviembre y la Instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996).
- Todas las Normas UNE y de la CEE a las que se hace referencia en las RITE.

- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental. Reglamento de Calificación Ambiental.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RBT (Reglamento de Baja Tensión) y sus instrucciones técnicas haciendo referencia a todos los elementos que conforman estas y normas UNE referenciadas en el mismo.

2.4.2 Bibliografía.

Se ha utilizado bibliografía diversa y de diferentes formatos, ya sea para justificar, comparar y calcular y que seguidamente se detalla:

[1] Carrier Air Conditioning Co.” Handbook of air conditioning system desing”, McGraw-Hill, New York- (Manual de aire acondicionado)

[2] Catálogo de climatización de Daikin.

[3] Catálogo de climatización de Mitsubishi.

[4] Catálogo de climatización de Carrier.

[5] Catálogo de rejillas de impulsión y retorno de Trox Technik.

[6] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas

2.4.3 Programas de cálculo

Para poder obtener las demandas necesarias para climatizar los diferentes locales se ha decidido realizar un programa utilizando la herramienta Excel de Microsoft Office que ha sido aplicado a cada uno de los locales.

2.5 Definiciones

- Calor sensible

El calor sensible es la cantidad de calor que absorbe o cede un cuerpo, variando su temperatura, sin que esto le provoque un cambio de estado.

- Calor latente

El calor latente es cantidad de calor que un cuerpo debe absorber, o ceder, para conseguir un cambio de estado, sin aumentar su temperatura. También se conoce como calor de cambio de estado. Así podemos hablar de calor latente de fusión, al pasar de sólido a líquido, o calor latente de vaporización, al pasar de líquido a gas. Al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se devuelve la misma cantidad de energía.

- Temperatura seca

La temperatura seca es la que no se ve afectada por la humedad del aire.

- Temperatura húmeda

La temperatura húmeda si se ve afectada por la humedad del aire.

- Humedad absoluta

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se expresa en gramos de agua por kilogramos de aire seco (g/kg), gramos de agua por unidad de volumen (g/m³) o como presión de vapor (Pa o KPa o mmHg). A mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua permite

acumular el aire.

- Humedad relativa

Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento

- Punto de Rocío

Es la temperatura a la que empieza a condensar el vapor de agua contenido en el aire.

2.6 Requisitos de Diseño.

Los requisitos de diseño necesarios para dimensionar las instalaciones han sido los primeros datos que se han tenido que obtener para poder realizar el posterior cálculo. A continuación, se detalla de donde se han obtenido los datos:

- Temperatura externa (según normativa)
- Temperaturas internas o de confort (según normativa)
- Humedad exterior (según normativa)
- Humedad interna o de confort (según normativa)
- Diferencia de temperaturas máximas (según normativa)
- Grados día (según normativa)
- Zona climática (según normativa)
- Horarios de funcionamiento (usuario)
- Ocupación del local (usuario)
- Tipo de trabajo que se realiza (usuario)
- Dimensiones del local a climatizar (usuario)
- Orientación del local (usuario)
- Tipo de materiales de los cerramientos y su orientación (usuario)
- Velocidad interior del aire (usuario)
- Número de difusores a instalar (usuario)

Renovaciones hora del local (según normativa, usuario)

Previsión de cargas (usuario)

Potencias de cada equipo (usuario)

El edificio en cuestión está formado por tres plantas, una planta baja y dos plantas superiores, donde se encuentran las aulas a climatizar, dando un total de 545,56 m² de superficie global; además, se debe considerar el volumen ocupado por el salón de actos de dos plantas de altura y de una superficie de 279,27 m². Las alturas de los pisos son de 3 m, dimensiones que a continuación se detallan en la tabla 1.

Local	Planta	Utilización	Superficie m²	Volumen m³
Aula 1.1	Primera	Docencia	90,57	271,71
Aula 1.2	Primera	Docencia	45	135
Aula 1.3	Primera	Docencia	46,84	140,52
Aula 1.4	Primera	Docencia	41,38	124,14
Aula 1.5	Primera	Docencia	48,96	146,88
Aula 2.1	Segunda	Docencia	90,57	271,71
Aula 2.2	Segunda	Docencia	45	135
Aula 2.3	Segunda	Docencia	46,84	140,52
Aula 2.4	Segunda	Docencia	41,38	124,14
Aula 2.5	Segunda	Docencia	48,96	146,88
Salón de actos	Primera (altura de dos plantas)	Realización de actos tales como graduación.	279,27	1675,62

Tabla 1: Descripción dimensional y de uso para los locales a estudiar.

2.6.1 Descripción y características del entorno a climatizar.

En este apartado se definirán los diferentes espacios que se van a tener en cuenta a la hora de realizar los diferentes cálculos de climatización. Es decir, que aunque la facultad cuente con un mayor número de aulas, sólo se describirán las que este proyecto contemplará.

2.6.2 Descripción arquitectónica.

Las aulas de la primera planta y segunda planta, se distribuyen a lo largo de la fachada con orientación SE para las paredes en contacto directo con la radiación externa. Estas aulas tienen dimensiones idénticas para su correspondencia en la planta inmediatamente superior o inferior según sea el caso.

En el caso del salón de actos, el cerramiento en contacto con la radiación externa tiene orientación NE y una altura que comprende dos plantas. El área total de dicho local es de 279,27 m^2 .

El objetivo de la explicación de los diferentes espacios es advertir que solo existirán transferencias de calor entre el interior y el local contiguo, para los locales climatizados en el caso de las aulas 1.1 y 2.1, debido a la existencia de muros no irradiados de diferente temperatura al encontrarse en el interior del edificio. La diferencia de temperatura que se ha tenido en cuenta en este último caso es de 1 °C con respecto a la temperatura exterior.

En el caso de la totalidad de las aulas y el salón de actos, en el muro que da hacia el pasillo distribuidor, la diferencia de temperatura que se ha tenido en cuenta en este último caso también es de 1 °C con respecto a la temperatura exterior del edificio.

Se considerará por tanto innecesario calcular las transmisiones de calor entre las aulas climatizadas pues estarán a la misma temperatura de confort.

2.6.3 Horarios de funcionamiento, ocupación y cálculo de caudales de aire exterior

Las horas de funcionamiento de cada una de las aulas se fijarán en función de las temperaturas de diseño y del grado de ocupación horaria de cada local. En este caso será en

todos los locales iguales, ya que se ha considerado la situación más desfavorable. Además se establecerá un funcionamiento continuo para los meses de verano que se considerarán entre los meses de mayo a agosto.

El número de ocupantes de cada aula se especifica en los listados de resultados del cálculo de las cargas térmicas (Anexo I), donde también se define la actividad principal de los mismos, ya que este será utilizado para realizar el cálculo de las cargas latentes, debido al metabolismo de los usuarios al desempeñar las tareas asignadas.

Para mantener una calidad de aire aceptable en los locales ocupados se aplicarán criterios que se fijan en la Norma UNE 100011, según se especifica en la ITE 02.2.2

El aire exterior recibirá siempre un filtraje y un tratamiento antes de ser introducido al interior del salón de actos, según especifica la citada norma; además, para el cálculo de la carga de refrigeración del edificio, es necesario establecer los niveles de ocupación previstos de los diferentes locales y las cargas a compensar por cargas eléctricas, esencialmente por iluminación artificial.

Para poder determinar los caudales de aire necesarios, utilizaremos los valores mínimos de la citada norma, indicados en la tabla 3. De aquí se obtienen los requisitos de aire de ventilación en función del número de ocupantes y de las superficies de los locales.

Categoría	Caudal mínimo $dm^3/persona$
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 2: Requisitos de aire de ventilación para una determinada calidad de aire

Seleccionamos la categoría IDA 2 para el caso de las diferentes aulas dedicadas a la docencia y categoría IDA 3 para el caso del salón de actos.

En lo que se refiere a la filtración necesaria, se seguirán los criterios establecidos por la norma y que se reflejan en la tabla 4.

Calidad aire ext.	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 3: Tipos de filtros en función de la calidad del aire exterior e interior

Se seleccionarán por tanto filtros tipo F7 para el caso de la aplicación sobre la unidad de tratamiento de aire a instalar en el salón de actos.

Se ha tenido en cuenta el desarrollo normal de la actividad docente en las diferentes aulas, donde es poco probable que se produzca un cerramiento continuo de ventanas y puertas que permita que el valor de las infiltraciones se compense con la instalación de climatización y renovación de aire y que exista una eficiencia en la instalación.

Por ello, se ha adoptado este criterio como válido para obtener una renovación y calidad del aire, teniendo en cuenta que las ventanas y puertas permanecerán abiertas y tomando este valor de infiltración en el cálculo del total de cargas térmicas tanto sensibles como latentes. A diferencia del salón de actos, donde si se desea mantener un nivel acústico interior óptimo y donde se considerará que la renovación de aire se hará simultáneamente con la climatización.

2.6.4 Descripción de los cerramientos. Cálculo de los coeficientes K

Los valores de los coeficientes de transmisión de cada uno de los elementos de cierre del local han sido calculados según la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios NBE-CT-79.

Los coeficientes de transmisión considerados son:

Cristal ventanas: $2,75 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Muros exteriores: $0,57 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Cubiertas: $0,44 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Particiones: $1,55 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Los valores de estos coeficientes de transmisión térmica son en todo los casos no superiores a los máximos admisibles establecidos en la Norma Básica de la Edificación para la zona climática de Tenerife (zona V).

2.6.5 Condiciones exteriores de cálculo

Las condiciones exteriores de cálculo, se fijarán según la ITE03.3, que nos remite a las tablas climáticas establecidas en la norma UNE 100001-85, sobre las condiciones para proyectos.

La elección de las condiciones exteriores, se realizarán a través del criterio de los niveles percentiles como indica la norma ITE02.3. Para seleccionar estos niveles, se aplican las indicaciones establecidas en la norma UNE 100014.84

Los datos de diseño en la localidad donde hay que desempeñar el presente proyecto (Santa Cruz de Tenerife) según tablas con un nivel percentil que no sobrepasen un porcentaje de las horas totales de los meses de mayo, junio y julio:

- Latitud: 28° 28' 53,66" Norte
- Altitud sobre el nivel del mar: 0 metros
- Zona climática: V
- Temperatura seca: 30 °C
- Temperatura húmeda: 22,1 °C
- Humedad relativa: 70 %
- Velocidad media del viento: 2,95 m/s

2.6.6 Evolución de las condiciones de temperatura exteriores

Las condiciones exteriores variarán respecto a las de diseño al realizar el cálculo durante el intervalo de horas y meses, como es el caso del presente proyecto. Para conseguir los diferentes valores de temperatura seca y temperatura húmeda coincidente se aplican una serie de factores correctores.

$$Ts_{real} = Ts - \text{Factor de corrección} \rightarrow Ts_{real} = 30^{\circ}C - 2,8 \rightarrow Ts_{real} = 27,2^{\circ}C$$

$$Threal = Th - \text{Factor de corrección} \rightarrow Threal = 22,1^{\circ}\text{C} - 0,6 \rightarrow Threal = 21,5^{\circ}\text{C}$$

Donde;

Tsreal: Temperatura seca real después de aplicarle el factor de corrección.

Threal: Temperatura húmeda real después de aplicarle el factor de corrección.

Ts: Temperatura seca obtenida de los datos climatológicos.

Th: Temperatura húmeda obtenida de los datos climatológicos.

Los factores de corrección para la temperatura seca y húmeda, se facilitan en la norma UNE 100014-84.

2.6.7 Condiciones interiores de cálculo

Para lograr el bienestar térmico, se aplica la ITE 02.2, referente a las condiciones interiores de diseño, y según lo especificado en la UNE-EN ISO 7730, donde se determinan las condiciones en función de la actividad metabólica de las personas, debiendo estar la temperatura interior y la humedad relativa comprendida entre los valores de la tabla 5, correspondiente a la tabla 1 de ITE 02.2.1 bienestar térmico.

Estación	Temperatura	Velocidad aire	Humedad
Verano	23 a 26 °C	<0.18 m/s	40-60 %
Invierno	20 a 24 °C	<0.15 m/s	40-60%

Tabla 4: Condiciones interiores correspondiente a la tabla 1 de ITE 02.2.1

En el caso que nos ocupa la decisión ha sido la de seleccionar los siguientes datos como temperaturas y humedades relativas de diseño.

Temperatura interior: 24 °C

Humedad: 50 %

En el caso de los valores de sonoridad permitidos, se tomarán las medidas adecuadas para que no se produzcan en los locales a climatizar, niveles de presión sonora superiores a los indicados en la Tabla 3 del RITE en su instrucción ITE 02.2.3.1.

Intervalos de valores admisibles para los índices NR, NC o RC		
Tipo de local	Intervalo	Notas
CULTURAL Y RELIGIOSO		
cinematógrafos, bibliotecas y museos	30 - 35	(1) (2)
templos	30 - 35	
salas de conciertos u óperas, teatros, estudios de televisión y radio, estudios de reproducción de sonidos	≤ 25	(1) (2)
DOCENTE		
aulas de enseñanzas	30 - 35	
bibliotecas	30 - 35	
laboratorios y talleres	35 - 40	
salones de actos	30 - 35	
salas de recreo y gimnasios	40 - 45	
SANITARIO		
habitaciones privadas	≤ 30	(3)
salas generales, UCI y similares	30 - 35	
quirófanos	25 - 30	
salas de audiometría	≤ 25	(1)
laboratorios	35 - 40	
salas de descanso	30 - 35	
áreas de público y pasillos	35 - 40	
RESIDENCIAL		
viviendas	30 - 35	(3)
hoteles y similares:		
- habitaciones	30 - 35	(3)
- vestíbulos, recepción y conserjería	35 - 40	
- salas de reuniones, banquetes etc.	35 - 40	
residencias de ancianos	30 - 35	(3)
residencias de estudiantes	35 - 40	(3)
OCIO		
bares y cafeterías	40 - 45	
restaurantes y salas de banquetes	35 - 40	
salas de fiesta	40 - 45	
COMERCIAL		
grandes almacenes:		
- plantas de acceso	40 - 45	
- otras plantas	35 - 40	
supermercados	40 - 45	
tiendas	35 - 40	

Figura 1: Valores correspondientes a la tabla 3 del RITE (ITE 02.2.3.1)

2.6.8 Niveles de iluminación.

Los niveles de iluminación establecidos corresponden a la cantidad de lámparas incandescentes y fluorescentes instaladas. Además se han considerado 50 W para otros equipos eléctricos en las aulas.

Local	Fluorescente	Incandescente	Potencia(W)
Aula 1.1	7	18	1057,5
Aula 1.2	4	9	540
Aula 1.3	4	9	540
Aula 1.1	4	9	540
Aula 1.1	4	9	540
Aula 2.1	7	18	1057,5
Aula 2.2	4	9	540
Aula 2.3	4	9	540
Aula 2.4	4	9	540

Aula 2.5	4	9	540
Salón de actos	--	143	7150

Tabla 5: Resumen de potencias asociadas a la iluminación por local

2.7 Cálculo de cargas térmicas

El detalle del cálculo de cargas térmicas de refrigeración para cada uno de las aulas, se incluyen en el Anexo I: Cálculo de Cargas Térmicas en el documento básico “Anexos”.

Para el cálculo de cargas térmicas, el edificio se ha dividido en módulos, cuyas características se recogen en las hojas de datos. En estas hojas están impresos para cada espacio los siguientes datos:

- Muros: Orientación, área, coeficiente de transmisión.
- Cristales: Orientación, área, coeficiente de transmisión.
- Cubiertas: Área, pesos, colores, coeficientes de transmisión.
- Particiones: Área, coeficiente de transmisión y diferencia de temperaturas en relación con la existente entre el interior y el exterior.
- Iluminación: Tipo de iluminación y cantidad por superficie.
- Personas: Cantidad y nivel de actividad.

En este sentido se puede establecer una primera clasificación de las cargas térmicas, según su incidencia:

- Cargas térmicas sensibles: aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.
- Cargas térmicas latentes: las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

En el diseño de un sistema de aire acondicionado (refrigeración) habrá que calcular las cargas térmicas para las situaciones de diseño de verano, dimensionando la instalación para la situación más desfavorable.

2.7.1 Carga sensible:

La carga sensible, es aquella que puede ser medida por una variación de la temperatura seca del local. Se compone de cargas térmicas por radiación solar, a través de las ventanas, por transmisión y radiación a través de muros y techos exteriores, por transmisión a través del resto de cerramientos (excepto muros y techos), por infiltraciones y por ocupación.

2.7.1.1 Carga debida a la radiación a través de ventanas

La carga térmica debida a la radiación a través de una ventana cualquiera se calcula como la ganancia de potencia asociada a la incidencia del sol, para la orientación deseada, en función del día del año donde esta sea mayor. Es necesario comentar que esta estará condicionada tanto por la orientación, como por la calidad del aire en el ambiente, la existencia de persianas en las ventanas, el tipo de marco que configura la ventana y factor de rocío. Todos estos valores están tabulados excepto la corrección para punto de rocío diferente de 19,5 °C. Ya que obtenemos su valor aplicando la siguiente fórmula:

$$F_{pr} = 1 - 0,14 \cdot (T_{pr} - 19,5)/10$$

Donde;

F_{pr} = Factor punto de rocío.

T_{pr} = Temperatura punto de rocío.

El valor de la ganancia a través del cristal se expresará por tanto según:

$$Ganancia = S \cdot R \cdot \sum f$$

Donde;

S = Superficie total del vidrio de la ventana

R = Ganancia debido a la orientación, mes del año y hora donde es máxima

$\sum f$ = Suma de factores de corrección en función de las características de ambiente, configuración, etc. antes mencionado.

2.7.1.2 Carga debida a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.

La transmisión de calor se produce siempre, cuando dos zonas se encuentran a distintas temperaturas, al intentar equilibrar estas diferencias. La naturaleza dispone de varios tipos de transmisión, dependiendo de los distintos tipos de estados de la materia que dispone.

En los muros y techos exteriores se evalúa conjuntamente la transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Por este motivo se utiliza el método de la diferencia equivalente de temperaturas que se provocaría por conducción y convección, solo debidas a la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior del local y la radiación solar incidente en el local.

Para poder determinar la diferencia equivalente de temperaturas, se utiliza el método utilizado en el manual de aire acondicionado de Carrier, que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$DT_{eq} = a + DT_{es} + \frac{b \cdot R_s}{R_m \cdot (DT_{em} - DT_s)}$$

Donde;

DT_{eq} = diferencia equivalente de temperatura

a = factor de corrección para poder tener en cuenta:

- una diferencia de temperatura interior-exterior diferente de 10°C, cogiendo la temperatura exterior a las 15 horas del mes de cálculo.
- una variación diurna de temperatura seca diferente de 15°C

DT_{es} = diferencia equivalente de temperatura por el cerramiento a la sombra, a la hora del cálculo. Este parámetro depende del peso por m² del cerramiento.

b = factor que considera el color de los muros exteriores:

$b = 1,00$ si color oscuro

$b = 0,78$ si color medio

$b = 0,55$ si color claro

R_s = radiación solar máxima para el mes de cálculo a través de una superficie acristalada vertical (teniendo en cuenta su orientación) o horizontal, y por la latitud de la población de la obra.

R_m = radiación solar máxima para el mes de Julio a través de una superficie acristalada vertical (para la orientación que le corresponda) o horizontal, y por una latitud de 40°N.

DT_{em} = diferencia equivalente de temperatura para el cerramiento al sol, a la hora de cálculo. Dependerá del peso por m^2 del cerramiento.

Una vez obtenido el valor de la diferencia equivalente de temperaturas, la carga térmica para los muros y techos se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{r+t} = S \cdot K \cdot DT_{eq}$$

Donde;

Q = carga térmica a través del muro o techo exterior en W

S = superficie del cerramiento en m^2

K = coeficiente de transmisión de calor del cerramiento en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

DT_{eq} = diferencia equivalente de temperatura en $^\circ C$

2.7.1.3 Carga por transmisión para paredes de pasillo:

Este tipo de transmisión se realiza por conducción a través de los cerramientos que separan las diferentes aulas de los pasillos donde se ha establecido una temperatura de 26 $^\circ C$, es decir, 1 $^\circ C$ por debajo de la temperatura exterior.

$$Q_t = S \cdot K \cdot \Delta T$$

Donde;

S = Superficie del muro

K = coeficiente de transmisión de calor del cerramiento en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

ΔT = Diferencia de temperatura exterior-interior

2.7.1.4 Carga debida a las infiltraciones:

El valor de la potencia aportada por la necesidad de contrarrestar las infiltraciones a través de huecos y ventanas se calcula mediante la obtención del caudal de infiltración en función de la cantidad y tipo de ventanas. En este caso se trata de una ventana de guillotina tipo 3 que se puede abrir hasta un 50% del total de su superficie por lo que, aplicando la corrección pertinente

al valor de la velocidad del viento tabulada obtenemos el caudal de infiltración según la siguiente fórmula:

$$V_i = V_1 \cdot S_v \cdot C_v$$

Donde;

V_i = Caudal de infiltración

V_1 = Caudal de infiltración correspondiente al tipo de ventana

S_v = Área de la ventana que se puede abrir

C_v = Corrección para el valor tabulado en función del valor real de v del viento

Una vez hemos obtenido el valor del caudal de infiltración por ventanas y huecos, se podrá conocer el valor de la carga necesaria para contrarrestar la acción de estas según la fórmula:

$$Q_i = 0,34 \cdot V_i \cdot \Delta T$$

Donde;

V_i = Caudal de infiltración

ΔT = Diferencia de temperatura exterior-interior

2.7.1.5 Carga debida a la ocupación:

Se basa en conocer, gracias a los resultados tabulados de metabolismo, el valor de la carga aportada por el número de personas que ocupan un aula en función de su actividad. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_p = n \cdot Q_{am}$$

Donde;

n = número de ocupantes del local

Q_{am} = carga debido a la actividad metabólica

2.7.1.6 Carga debida a la iluminación:

Se trata de calcular el valor de la aportación por parte de las lámparas instaladas en cada una de las aulas, pueden ser de tipo incandescente o fluorescente y se calculará según:

$$\text{Incandescente} = \text{Potencia de la lámpara}$$

La aportación de las lámparas incandescentes es calculada directamente con la potencia nominal de las mismas.

$$\text{Fluorescente} = 1,25 \cdot \text{Potencia de la lámpara}$$

La aportación de las lámparas fluorescentes se calcula multiplicando el valor 1,25 por el total de la potencia de las lámparas instaladas. Por lo tanto el valor del calor aportado por la iluminación será:

$$Q_{ilum} = \text{Potencia incandescente} + \text{Potencia fluorescente}$$

2.7.1.7 Carga sensible efectiva:

El valor final de carga sensible efectiva se conseguirá con la suma de los aspectos antes mencionados.

$$Q_{se} = Q_r + Q_t + Q_{r+t} + Q_i + Q_p + Q_{ilum}$$

Donde;

Q_r =Calor debido a radiación.

Q_t =Calor debido a la transmisión.

Q_{r+t} =Calor debido a la radiación y transmisión.

Q_i =Calor debido a la infiltración.

Q_p =Calor debido a la ocupación.

Q_{ilum} =Calor debido a la iluminación.

2.7.2. Carga latente:

La carga latente es aquella que puede ser medida por una variación de la humedad específica del local. Está formada por la carga térmica latente de ocupantes y la carga latente de ventilación.

2.7.2.1 Carga latente por ocupación:

La carga térmica latente debida al metabolismo de los ocupantes del local se calcula en función del tipo de actividad física que éstos realicen:

$$Q_{lo} = n \cdot Q_{aml}$$

Donde;

Q_{lo} = carga latente por ocupación

n = número de personas

Q_{aml} = carga debido a la actividad metabólica latente

2.7.2.2 Carga latente por infiltración:

La carga térmica latente debida a la infiltración se calcula teniendo en cuenta el valor de las humedades absolutas del exterior y del interior del local a climatizar.

$$Q_{li} = 0,83 \cdot V_i \cdot \Delta W$$

Donde;

V_i = Caudal de infiltración

ΔW = Diferencia de humedad absoluta

2.7.2.3 Carga latente efectiva

El valor final de carga latente efectiva se conseguirá con la suma de los aspectos antes mencionados.

$$Q_{le} = Q_{lo} + Q_{li}$$

Donde;

Q_{lo} = Carga latente por ocupación.

Q_{li} = Carga latente por infiltración.

2.7.3 Resumen de cálculo de cargas térmicas

El resumen detallado de las potencias de refrigeración necesarias se establece en la siguiente tabla, además de estar explicadas con detenimiento en el Anexo I: Cálculo de las cargas térmicas:

Local	Superficie (m²)	Ocupación (personas)	Potencia Frigorífica (W)
Aula 1.1	90,57	50	15170,37
Aula 1.2	45	25	7269,29
Aula 1.3	46,84	25	7289,94
Aula 1.1	41,38	25	7299,41
Aula 1.1	48,96	25	7269,29
Aula 2.1	90,57	50	15494,55
Aula 2.2	45	25	7411,356
Aula 2.3	46,84	25	7417,79
Aula 2.4	41,38	25	7398,70
Aula 2.5	48,96	25	7425,20
Salón de actos	279,27	390	80928,40

Tabla 6: Resumen de potencias frigoríficas necesarias en las diferentes aulas

2.7.4 Cálculo del caudal de ventilación:

El valor del caudal de ventilación necesario se obtendrá utilizando el valor de la carga total efectiva, que es la suma de la carga sensible efectiva y la carga latente efectiva. Una vez obtenido este valor podemos calcular el caudal de suministro según la siguiente fórmula, teniendo en cuenta un factor de bypass de 0,25:

$$V_{\text{sum}} = \frac{Q_{et}}{0,34 \cdot (1 - f) \cdot (t_2 - t_4)}$$

Donde;

V_{sum} = Caudal de impulsión (m³/h)

Q_{et} = Carga total efectiva (Sensible efectiva + Latente efectiva)

F = factor de bypass igual a 0,25

T_2 =Temperatura en el interior del local

T_4 =Temperatura del aire de mezcla ideal a una temperatura igual a la de rocío (obtenido del diagrama psicrométrico)

2.7.4 Cálculo de las redes de conductos

Las redes de conductos dentro de una instalación de climatización son necesarias para distribuir el aire, previamente tratado, y así climatizar el caudal de aire necesario para mantener la calidad de aire y confort térmico en el salón de actos.

Para el cálculo y dimensionamiento de una red de conductos intervienen distintos factores, que seguidamente se detallan.

- 1.- Caudal que debe circular por el conducto.
- 2.- Velocidad de circulación del fluido por el interior del conducto que se puede clasificar como:
 - Velocidad baja, hasta 11 m/s
 - Velocidad elevada, superior a 11m/s
- 3.- Pérdida de carga del fluido al circular por el conducto y debido a accidentes.

Este parámetro es importante, ya que en una red de conductos, se debe disponer de un impulsor que sea capaz de aportar la suficiente carga para lograr que el fluido circule correctamente por el conducto.

3.1- Pérdida de carga por circulación por el conducto. Al circular un fluido por el interior de un conducto se genera pérdidas de carga por rozamiento y fricciones. Este valor se evalúa linealmente y depende de factores como la rugosidad del conducto, si el material es nuevo, limpieza del mismo, etc.

3.2- Pérdida de carga debido a accidentes. Son las pérdidas que experimenta el fluido al obligarlo a realizar giros, cambios de sección, derivaciones, etc. También se obtiene una pérdida de carga en los elementos finales de distribución del aire.

Todas las pérdidas de carga deben sumarse y este será un factor determinante al elegir un tipo de unidad.

Debe distinguirse varios tipos de conductos según la función que realicen:

1.- Conductos para la impulsión. Estos serán los encargados de distribuir el aire tratado térmicamente, desde la unidad de impulsión, hasta el local al climatizar

Es en este tipo de conductos donde se debe tener el máximo control sobre los aspectos explicados anteriormente.

2.- Conductos de retorno, se utilizan para realizar el retorno del aire desde el local que se climatiza hasta la unidad de tratamiento del aire. Estas redes suelen ser menores que las de impulsión ya que los aspectos que anteriormente se citaban recogen menos importancia.

Aparte de lo explicado hasta el momento una red de conductos debe cumplir:

- El ruido que genera el aire al circular por los conductos, no debe superar los límites que se establecen por normativa. Este factor está directamente relacionado con la velocidad de circulación del aire.
- Debe ser estanco y se debe evitar que fluido se licue en los distintos cambios de sección, de dirección, etc.
- Debe dimensionarse correctamente los elementos finales, rejillas de impulsión, este factor además puede provocar ruidos que deben evitarse.
- El conducto debe estar aislado, evitando así pérdidas de carga térmica innecesarias.

Así teniendo en cuenta todos los factores anteriormente citados, conseguimos dimensionar la red de conductos correctamente.

Aplicando lo explicado anteriormente, se instalará en el salón de actos:

Conducto de impulsión:

TRAMO	DIÁMETRO (mm)
0-V	929
V-1	929
1-2	875
2-3	820
3-4	765
4-5	711
5-6	628
6-7	518
7-8	383

Tabla 7: Datos obtenidos del cálculo del conducto de impulsión

Derivaciones: Todas las derivaciones han sido calculadas con las mismas dimensiones para que quede compensado en todo el recorrido del conducto de tal manera que las dimensiones son.

DERIVACIÓN	DIÁMETRO (mm)
1	383
2	383
3	383
4	383
5	383
6	383
7	383
8	383

Tabla 8: Datos obtenidos del cálculo del conducto de impulsión para derivaciones

Conducto de retorno:

TRAMO	DIÁMETRO (mm)
Ext-E	875

E-1	875
1-2	820
2-3	765
3-4	711
4-5	656
5-6	573
6-7	492
7-8	383

Tabla 9: Datos obtenidos del cálculo del conducto de retorno

Derivaciones de retorno: Todas las derivaciones han sido calculadas con las mismas dimensiones para que quede compensado en todo el recorrido del conducto de tal manera que las dimensiones son.

DERIVACIÓN	DIÁMETRO (mm)
1	383
2	383
3	383
4	383
5	383
6	383
7	383
8	383

Tabla 10: Datos obtenidos del cálculo del conducto de retorno para derivaciones

Los diámetros de los conductos están normalizados, no son los resultados del cálculo directo, sino el diámetro inmediatamente superior al mismo.

Para más información consultar el Anexo I sobre cálculos de climatización.

2.7.5 Análisis de soluciones.

Se han barajado diferentes tipos de soluciones durante el estudio de climatización, por lo que se hace necesario comentar las diferentes opciones que se podrían implementar, sus

ventajas e inconvenientes. En primer lugar se comentarán las soluciones estudiadas para las aulas y posteriormente, las que se han tenido en cuenta para el salón de actos. Serán estas ventajas e inconvenientes, lo que descartará las opciones menos viables.

2.7.5.1 Análisis para las aulas dedicadas a la docencia.

En primer lugar, en relación a la solución adoptada para las aulas, se ha estudiado la posibilidad de instalar la opción más común cuando se habla de climatización de un local.

a) Se trata de un equipo Split con compresor individual, sin la necesidad de instalar conductos. Las ventajas que dispone este sistema son las siguientes:

- Rápida acción de refrigeración de los locales, debido al refrigerante utilizado.
- Completa y total independencia del resto de locales que forman el inmueble.
- Fácil instalación y mantenimiento.

Por otro lado también presentan una serie de inconvenientes a la hora de llevar a cabo dicha instalación:

- Gran cantidad de equipos de condensación a instalar en total.
- Ruido generado por los compresores.
- Consumo total elevado.
- Poco estético desde el exterior.
- Alto coste económico.

b) Otra de las opciones que se han tenido en cuenta, es la instalación de una planta enfriadora con FanCoil, junto con conducto y rejilla de difusión, calculando tramos de conductos, difusores, etc. Este sistema tiene una serie de ventajas respecto a los otros, como son:

- Posibilidad de ampliar la instalación hacia otras zonas.
- Uso de líquido refrigerante al igual que el anterior sistema.
- La distribución del aire es más homogénea debido a las rejillas difusoras.

Sin embargo, este sistema también presenta inconvenientes, como son:

- El coste, que es más elevado que los Split y compresores individuales.
- Este sistema requiere del dimensionado de un conducto de retorno que reconduzca el aire para su posterior climatización.

c) Por último, se ha considerado la opción de una instalación mediante uno o varios compresores de alta capacidad, que soporten el funcionamiento de varios Splits, conocido como Multi-Split. Gracias a este sistema nos aprovechamos de las ventajas antes mencionadas que ofrece el sistema Compresor-Split y eliminamos algunos de sus inconvenientes. Además, tendremos un control total e independiente de cada aula que forma el inmueble y la capacidad de distribuir los conductos de líquido y gas desde un cajetín de organizador, hacia las diferentes unidades interiores, centralizando de este modo el mantenimiento posterior. La acción de refrigeración es casi instantánea, teniendo en cuenta de igual modo su fácil instalación y el sencillo mantenimiento de los equipos.

Los inconvenientes de este tipo de instalaciones son pocos:

- Ruido generado por los compresores.
- Distribución del aire menos homogénea.

MATRIZ DE DECISIÓN

Tipo	Economía	Fácil instalación	Distribución aire	Rendimiento	Reacción del equipo	Total
Split+Compresor	4	8	5	5	9	33
Planta enfriadora	5	5	9	7	5	31
Multi-Split	6	7	5	7	9	34

Tabla 11: Matriz de decisión para la adopción de un sistema determinado de equipos

Los valores de la tabla 2 se distribuyen del número 4 al 9, siendo el valor menor el característico del grado más bajo y el número mayor al grado más alto.

Como podemos observar gracias a la matriz de decisión (Tabla 11) la opción finalmente seleccionada para la instalación de climatización en las diferentes aulas ha sido la de sistema Multi-Split, que nos permitirá utilizar un compresor de mayor capacidad para conectar los Splits de cada aula, de dos en dos, tal y como se explicará posteriormente. Así, podemos reducir costes, consumo eléctrico y espacio necesario para la instalación.

2.7.5.2 Análisis para el salón de actos.

En lo que se refiere a la instalación dedicada al salón de actos, al tratarse un volumen tan grande, la única opción que se ha estudiado es la de instalación de una planta enfriadora de agua, conectada a una unidad de tratamiento de aire (UTA) con batería únicamente de refrigeración. Además del diseño de conductos de impulsión/retorno y rejillas de difusión que se comentaron como posible solución para el caso de las aulas. Se consigue con esto, una distribución homogénea del aire gracias a los ductos y las rejillas difusoras; además, de disminuir el impacto visual y económico, ya que se deberían instalar demasiadas unidades tipo Split o Fancoil a lo largo de la estancia con sus correspondiente número de unidades de condensación en cubierta.

Este sistema de climatización conlleva unos sistemas auxiliares a su alrededor formado por los siguientes apartados:

- Distribución del agua mediante tubería, desde la planta enfriadora hasta la unidad de tratamiento de aire (UTA).
- Sistema de conducto de impulsión del aire tratado, con rejillas difusoras como unidades terminales.
- Sistema de conducto de retorno, mediante rejillas, para la extracción del aire del interior del salón de actos.

Debe tenerse en cuenta que el proceso de ventilación y extracción del aire se realiza simultáneamente a través de la unidad de tratamiento de aire (UTA).

2.8 Descripción de la solución adoptada

Se dividirá la totalidad de las aulas a climatizar en tres grupos diferenciados, zona 1, correspondiente a las aulas de la primera planta; zona 2, aulas correspondientes a la segunda planta; y zona 3, salón de actos.

2.8.1 Zona nº 1: Aulas correspondiente a la primera planta, se instalará un sistema Multisplit con compresores de mayor potencia y unidad interior tipo Split pared/techo. Se distribuirá de la siguiente forma:

Aula 1.1. → Unidad exterior que trabajará con fluido refrigerante R-410A, caja de distribución en la sala propuesta situada en la sala destinado a ello (sala contigua a la sala de proyección→ CCTI) y dos unidades interiores tipo Split.

Aula 1.2 y 1.3 → En este caso la unidad exterior será compartida por los sistemas interiores de ambas aulas, quedando distribuida de la siguiente manera: Unidad exterior localizada en la cubierta del edificio, la caja de distribución en la sala CCTI conectada a los dos equipos interiores localizados en las aulas 1.2 y 1.3.

Aula 1.4 y 1.5 → En este caso la distribución se hará igual que el caso anterior, donde ambas unidades interiores compartirán la misma unidad exterior. La localización es exactamente la misma: Unidad exterior localizada en la cubierta del edificio, la caja de distribución en la sala CCTI conectada a los dos equipos interiores localizados en las aulas 1.4 y 1.5.

2.8.2 Zona nº 2: Aulas correspondiente a la segunda planta, se instalará un sistema Multisplit con compresores de mayor potencia y unidad interior tipo Split pared/techo. Se distribuirá de la siguiente forma:

Aula 2.1. → Unidad exterior que trabajará con fluido refrigerante R-410A, caja de distribución en la sala propuesta situada en la sala destinado a ello (sala contigua a la sala de proyección CCTI) y dos unidades interiores tipo Split.

Aula 2.2 y 2.3 → En este caso la unidad exterior será compartida por los sistemas interiores de ambas aulas, quedando distribuida de la siguiente manera: Unidad exterior localizada en la cubierta del edificio, la caja de distribución en la sala CCTI conectada a los dos equipos interiores localizados en las aulas 2.2 y 2.3.

Aula 2.4 y 2.5 → En este caso la distribución se hará igual que el caso anterior, donde ambas unidades interiores compartirán la misma unidad exterior. La localización es exactamente la misma: Unidad exterior localizada en la cubierta del edificio, la caja de distribución en la sala CCTI conectada a los dos equipos interiores localizados en las aulas 2.4 y 2.5.

2.8.3 Zona nº 3: Se trata del volumen ocupado por el salón de actos de la escuela, que comprende una altura total de dos pisos a partir de la primera planta. En este caso se instalará un equipo enfriadora de agua conectado a una unidad de tratamiento de aire (UTA) en la cubierta de la facultad haciendo uso de conductos y rejillas para la distribución y renovación del aire a climatizar.

Salón de actos → Se distribuirán los conductos a lo largo de la pared más larga del recinto. Estos quedarán sujetos por debajo de la estructura metálica que se encuentra instalada en el techo interior del salón y quedarán localizados, de tal modo que el conducto de impulsión se sitúe en la pared contraria a la fachada NE. De este modo el conducto de retorno quedará del lado de la radiación, obteniendo como resultado, la temperatura de impulsión que se ha calculado, y evitando cambios de temperatura por el posible sobrecalentamiento del conducto de impulsión.

La distribución de los equipos queda detallada en los planos 1 y 2 para la disposición de los equipos interiores, en los planos 3 y 4 para la disposición de los equipos en cubierta y en los planos 2 y 5 para la distribución conductos de impulsión y retorno en el salón de actos.

2.8.4 Máquinas elegidas

En este apartado se muestran las máquinas elegidas según las características obtenidas en los cálculos para cargas térmicas y solicitaciones. Para mayor información sobre estos equipos debe remitirse al anexo III sobre características técnicas de los equipos elegidos. Posteriormente

se determinará las máquinas que corresponden a cada aula. Finalmente se concluye con las cantidades, marcas modelos y características técnicas principales de los equipos

Zona nº 1: Aulas de la primera planta

Unidades exteriores:

Marca	Modelo	Monofásico	Potencia Frío (KW)	Tensión	Unidades
Daikin	RXYSQ-P8V1	SI	15,5	220/240V	3

Tabla 12: Unidades exteriores seleccionadas para la primera planta

Unidades interiores:

Marca	Modelo	Tensión	Unidades
Daikin	FTXS71G	230V	6

Tabla 13: Unidades interiores seleccionadas para la primera planta

Unidades de distribución:

Marca	Modelo	Unidades
Daikin	BPMKS967A2	3

Tabla 14: Unidades de distribución seleccionadas para la primera planta

Zona nº 2: Aulas de la segunda planta

Unidades exteriores:

Marca	Modelo	Monofásico	Potencia Frío (KW)	Tensión	Unidades
Daikin	RXYSQ-P8V1	SI	15,5	220/240V	3

Tabla 15: Unidades exteriores seleccionadas para la segunda planta

Unidades interiores:

Marca	Modelo	Tensión	Unidades
Daikin	FTXS71G	230 V	6

Tabla 16: Unidades interiores seleccionadas para la segunda planta

Unidades de distribución:

Marca	Modelo	Unidades
Daikin	BPMKS967A2	3

Tabla 17: Unidades de distribución seleccionadas para la segunda planta

Zona nº 3: Salón de actos

Unidades exteriores:

Marca	Modelo	Monofásico	Potencia Frío (KW)	Tensión	Unidades
Carrier(UTA)	39SQ-R1212	SI	--	400 V	1
Carrier(Enfri)	30RBS-90	SI	89,4	400 V	1

Tabla 18: Unidades de climatización seleccionadas para el salón de actos

Unidades de distribución (rejillas)

Marca	Modelo	Dimensiones	Impacto acús.	Unidades
Trox Technik	AT-A	625 x 425	28dB	8
Trox Technik	AT-A	625 x 525	26dB	8

Tabla 19: Unidades de distribución seleccionados para los conductos

Tuberías de refrigeración: La selección de las tuberías de refrigeración debe hacerse atendiendo a los diámetros necesarios para gas y líquido desde la unidad exterior hasta cada una de las unidades interiores. En este caso se utilizarán tuberías de cobre con aislamiento para el caso de líquidos de refrigeración con un diámetro de 6,35 mm y para el caso del gas se utilizarán las mismas tuberías con un diámetro de 12,70 mm. Además se ha tenido en cuenta las especificaciones del fabricante tal y como establece la Figura nº 2, donde se detallan las longitudes máximas aceptables y la altura desde cubierta.

También se prevé realizar una red de canalización de polietileno de \varnothing 25 mm para la recogida del agua de condensados de las unidades interiores conectándose esta red a las bajantes de saneamiento, previo paso por sifón. Y que se distribuye a lo largo del pasillo principal tal y como se detalla en el plano 1 y en el plano 2.

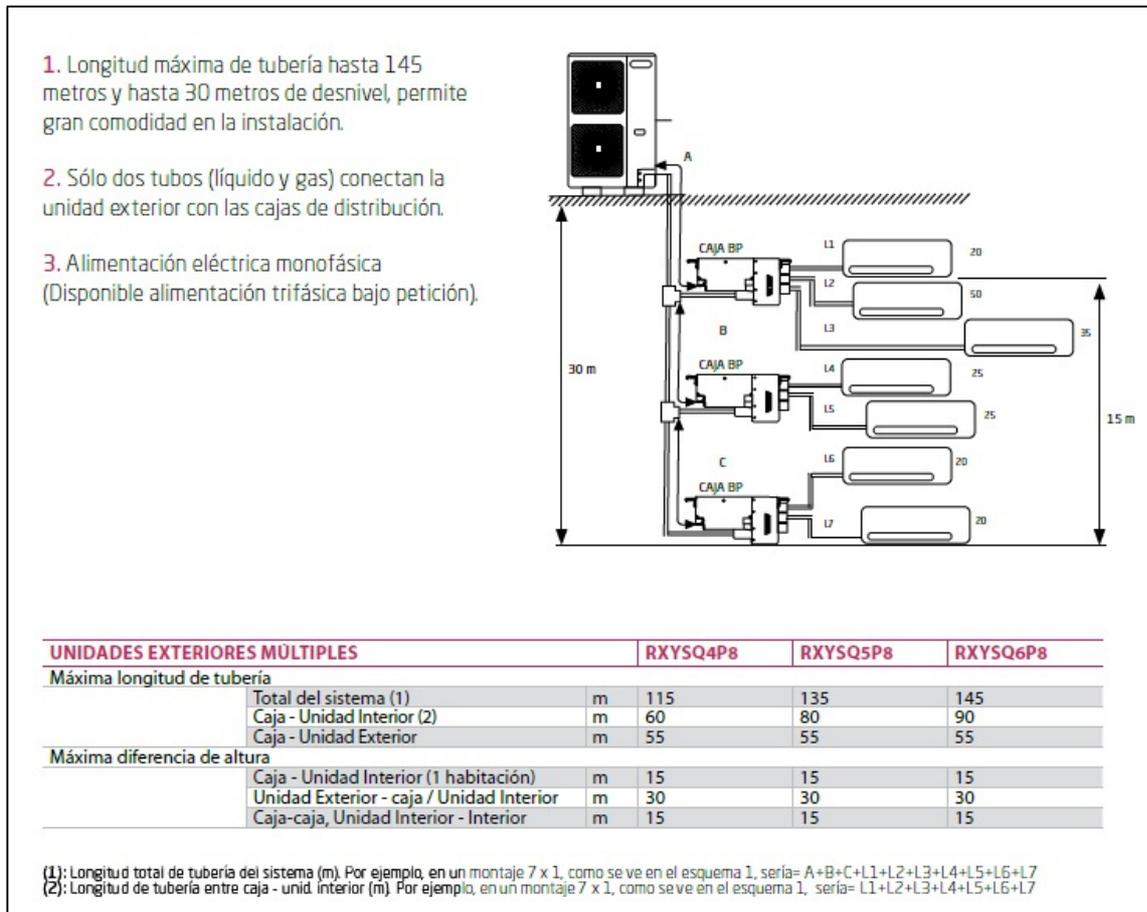


Figura 2: Especificaciones técnicas para la instalación de tuberías de refrigeración.

2.9 Instalación eléctrica

Una vez se ha realizado el estudio de climatización detallado hasta ahora, es necesario calcular la instalación eléctrica que utilizaremos para poder alimentar los equipos que hemos seleccionado con anterioridad. Para ello se plantea una ampliación del cuadro general de mano y protección, para la concentración de un segundo cuadro eléctrico destinado al control de los aparatos de climatización que se desea instalar y que estará situado en el mismo cuarto que las cajas de distribución de los conductos de refrigeración, unificando así todo el mantenimiento en el mismo lugar.

2.9.1 Potencia total de la instalación

La previsión de carga se hace considerando los receptores de los que estará dotada la instalación. En las siguientes tablas se muestran los receptores y la potencia prevista para cada uno de ellos:

Equipos Interiores	Potencia (W)
Evaporadores Aulas 1.1 y 2.1	9400
Evaporadores Aulas 1.2 y 2.2	4700
Evaporadores Aulas 1.3 y 2.3	4700
Evaporadores Aulas 1.4 y 2.4	4700
Evaporadores Aulas 1.5 y 2.5	4700
Total	28200

Tabla 20: Potencias eléctricas de los equipos interiores

Equipos exteriores	Potencia (W)
Condensadores Aulas 1.1 y 2.1	9000
Condensador Aulas 1.2 y 1.3	4500
Condensador Aulas 1.4 y 1.5	4500
Condensador Aulas 2.2 y 2.3	4500
Condensador Aulas 2.4 y 2.5	4500
Enfriadora de agua	27000
Unidad de tratamiento de aire (UTA)	45700
Total	99700

Tabla 21: Potencias eléctricas de los equipos exteriores en cubierta

2.9.2 Cálculo de los conductores

Una vez hemos definido las diferentes potencias previstas para los diferentes receptores de la instalación, debemos calcular el valor de las secciones de los cables necesarios para alimentarlos. Se recurrirá para ello a los métodos que a continuación se definen:

- Método de intensidad: Se calculará el valor de la intensidad que circula por cada conductor necesario para alimentar los receptores, obteniendo el valor de la sección del cable en función del tipo de aislamiento de la tabla 1 del ITC-BT-19.

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra							3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ Distancia a la pared no inferior a 0,3D ³⁾					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾					3x PVC				3x XLPE o EPR ⁶⁾		
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾								3x PVC ⁷⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206	-
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250	-
	70				149	160	171	188	202	224	244	321	-
	95				180	194	207	230	245	271	296	391	-
120				208	225	240	267	284	314	348	455	-	
150				236	260	278	310	338	363	404	525	-	
185				268	297	317	354	386	415	464	601	-	
240				315	350	374	419	455	490	552	711	-	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	-	

Figura 3: Correspondiente a tabla 1 del ITC-BT-19

- Método de caída de tensión: Se calculará el valor de la sección del cable en función de la caída de tensión mayor admisible según la ITC-BT-19, donde se determina que la sección de los conductores a utilizar será menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Por lo que utilizaremos el valor del 5% de caída de tensión máxima entre cualquier punto de nuestra instalación.

2.9.3 Distribución de la instalación

La instalación se distribuirá de tal modo que todos los circuitos de climatización queden conectados al cuadro destinado a ello (C.clim), dichos circuitos se detallan a continuación:

Circuito	Equipos vinculados	Potencia total
C.clim.1	Evaporadores aulas 1.1.1, 1.1.2 y 1.2	7050
C.clim.2	Evaporadores aulas 1.3, 1.4 y 1.5	7050
C.clim.3	Evaporadores aulas 2.1.1, 2.1.2 y 2.2	7050
C.clim.4	Evaporadores aulas 2.3, 2.4 y 2.5	13500
C.clim.5	Condensadores aulas 1.1, 1.2-1.3, 1.4-1.5	13500
C.clim.6	Condensadores aulas 2.1, 2.2-2.3 y 2.4-2.5	13500
C.clim.7	UTA	27000
C.clim.8	Enfriadora	45700

Tabla 22: Denominación de los circuitos eléctricos de climatización

La instalación partirá como una ampliación del cuadro general (C.Gen) que se encuentra en portería, hacia el cuarto CCTI donde se situará el cuadro dedicado a la climatización (C.Clim) y desde donde partirán todos los circuitos detallados en el esquema unifilar plano 9.

2.9.4 Material seleccionado

En la siguiente tabla se resumen las diferentes secciones de conductor elegidas, los interruptores magnetotérmicos y los interruptores diferenciales para cada uno de los circuitos y derivaciones de la instalación.

Circuito	Conductores (mm²)	Magnetotérmicos (A)	Diferencial (A)
C.clim.1	2,5	3x16	40
C.clim.2	2,5	3x16	40
C.clim.3	2,5	3x16	40
C.clim.4	2,5	3x16	40
C.clim.5	4	3x20	40
C.clim.6	4	3x20	40
C.clim.7	16	1x50	63
C.clim.8	25	1x80	100
C.Gen - C.Clim	185	250	--

Tabla 23: Material seleccionado para la instalación eléctrica

2.9.5 Consideraciones de la instalación

Se deben tener ciertas consideraciones a la hora de realizar la instalación atendiendo a diferentes aspectos descritos en la norma y haciendo especial hincapié en el documento ITC-BT-28 sobre instalaciones en locales de pública concurrencia.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.

- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.

- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario. Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos y que es el caso que nos ocupa.

Además los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos:

Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

Los tubos se colocarán en montaje superficial por lo que se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2%.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

En cuanto a la colocación de los conductores se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- Las conexiones entre los conductores se harán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Estas deben tener las dimensiones necesarias para alojar holgadamente los conductores. Su profundidad será como mínimo de 40mm y su diámetro será mínimo de 60mm.
- La unión de conductores no se realizara como empalmes por retorcimiento o arrollamiento, si no que se realizara mediante bornes de conexión.

La selección de los tubos se realizará de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 24: Diámetro de los tubos

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086 -2-1, para tubos rígidos y UNE-EN 50.086 -2-2, para tubos curvables. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 24 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Para el paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.
- Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.
- Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado,

dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.

- En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.

- Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalización de que se trate.

- Los pasos con conductores aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.

- En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

Para las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabines de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego.

c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

d) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:

- Conductores rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados, colocados directamente sobre las paredes.

e) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5; o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción. Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1, cumplen con esta prescripción. Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida.

2.9.6 Cálculos y esquema unifilar

El detalle de los cálculos desarrollados en este apartado se muestra en el anexo II: Cálculo de la instalación eléctrica, además de quedar representada la distribución e instalación según los planos 6 ,7 ,8 y el esquema unifilar en el plano 9.

2.10 Orden de prioridad entre los documentos básicos

Con el objeto de evitar posibles discrepancias entre los agentes interventores en este proyecto a la hora de interpretar el mismo en cualquiera de sus fases de ejecución, se establece el siguiente orden de prioridad de los documentos básicos que conforman este proyecto:

1º Planos

2º Pliego de Condiciones

3º Mediciones y Presupuesto

4º Memoria

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Anexos

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS
Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice general Anexos

3. Anexos.....	62
Anexo I: Cálculo de cargas térmicas	
3.1 Introducción.....	68
3.2 Estudio del local, características del local y fuentes de carga térmicas.....	68
3.3 Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto.....	68
3.3.1 Cargas exteriores.....	68
3.3.2 Cargas interiores.....	69
3.4 Condiciones exteriores de proyecto.....	69
3.5 Condiciones interiores de cálculo.....	71
3.6 Cálculo de cargas térmicas.....	71
3.6.1 Carga sensible.....	72
3.6.1.1 Carga debida a la radiación a través de ventanas.....	72
3.6.1.2 Carga debida a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.....	72
3.6.1.3 Carga por transmisión para paredes de pasillo.....	76
3.6.1.4 Carga debida a las infiltraciones.....	79
3.6.1.5 Carga debida a la ocupación.....	79
3.6.1.6 Carga debida a la iluminación.....	81
3.6.1.7 Carga sensible efectiva.....	82
3.6.2 Carga latente.....	83
3.6.2.1 Carga latente por ocupación.....	83
3.6.2.2 Carga latente por infiltración.....	83

3.6.2.3 Carga latente efectiva.....	84
3.6.3 Cálculo del caudal de ventilación.....	84
3.7 Estudio Psicrométrico. Cálculo del factor de calor sensible efectivo.....	85
3.8 Cálculo de los conductos de ventilación.....	111
3.8.1 Consideraciones iniciales.....	111
3.8.2 Método de cálculo.....	113
3.8.3 Resultados.....	116
Anexo II: Cálculos eléctricos	
3.9 Potencia total de la instalación.....	120
3.10 Cálculo de los conductores.....	120
3.11 Elección de tubos de protección y toma de tierra.....	123
Anexo III: Características técnicas de los equipos	
3.12 Características técnicas de los equipos exteriores.....	127
3.13 Características técnicas de los equipos interiores.....	128
3.14 Características técnicas de la enfriadora de agua.....	129
3.15 Características técnicas de la unidad de tratamiento de aire (UTA).....	130
3.16 Características técnicas de las rejillas de impulsión/retorno.....	131

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Anexo I: Cálculos de Climatización

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Anexo I

Anexo I: Cálculo de cargas térmicas

3.1 Introducción.....	68
3.2 Estudio del local, características del local y fuentes de carga térmicas.....	68
..	
3.3 Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto.....	68
3.3.1 Cargas exteriores.....	68
3.3.2 Cargas interiores.....	69
3.4 Condiciones exteriores de proyecto.....	69
3.5 Condiciones interiores de cálculo.....	71
3.6 Cálculo de cargas térmicas.....	71
3.6.1 Carga sensible.....	72
3.6.1.1 Carga debida a la radiación a través de ventanas.....	72
3.6.1.2 Carga debida a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.....	72
..	
3.6.1.3 Carga por transmisión para paredes de pasillo.....	76
3.6.1.4 Carga debida a las infiltraciones.....	79
3.6.1.5 Carga debida a la ocupación.....	79
3.6.1.6 Carga debida a la iluminación.....	81
3.6.1.7 Carga sensible efectiva.....	82
3.6.2 Carga latente.....	83
3.6.2.1 Carga latente por ocupación.....	83
3.6.2.2 Carga latente por infiltración.....	83
3.6.2.3 Carga latente efectiva.....	84

3.6.3 Cálculo del caudal de ventilación.....	84
3.7 Estudio Psicrométrico. Cálculo del factor de calor sensible efectivo.....	85
3.8 Cálculo de los conductos de ventilación.....	111
3.8.1 Consideraciones iniciales.....	111
3.8.2 Método de cálculo.....	113
3.8.3 Resultados.....	116

3.1 Introducción:

La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort y sanitarias, o bien las necesarias para la conservación de un producto o proceso de fabricación. Para conseguirlo se debe instalar un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante el periodo de actuación necesario. La potencia del equipo elegido se determina de acuerdo a las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva. Por ello se hace necesario realizar un estudio de estas exigencias o cargas térmicas.

3.2 Estudio del local, características del local y fuentes de carga térmica:

Para una estimación realista de refrigeración en este caso, es requisito fundamental el estudio riguroso de los componentes de carga en el espacio que se desea acondicionar. Es por tanto indispensable que el estudio sea preciso y completo teniendo en cuenta las características arquitectónicas del edificio en general y de los locales a climatizar en particular además de las fuentes de carga térmica inherentes a cada uno.

3.3 Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto

Para poder calcular las cargas térmicas del recinto deben escogerse unas condiciones exteriores y exteriores de cálculo que viene regulados por el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) y que son de obligado cumplimiento, tomando como ejemplo la situación más desfavorable cuando el reglamento no especifique nada. Las cargas térmicas que intervienen en el cálculo son:

3.3.1 Cargas exteriores:

1. Radiación solar que entra a través de cerramientos transparentes: Debe tenerse en cuenta la radiación incidente en las ventanas expuestas, utilizando diferentes factores de amortiguación debido a la existencia de cortinas o persianas, calidad del vidrio, altura sobre el nivel del mar, calidad del aire exterior o factores relacionados con la condensación sobre estas superficies.

2. Radiación solar sobre cerramientos opacos: Debe tenerse en cuenta el calor transmitido a través de los cerramientos que no son transparentes y que de igual modo están en contacto directo con la radiación solar.

3. Efecto de las infiltraciones: Se trata de la carga que aporta el valor de las infiltraciones externas a través de huecos en los locales y que deben ser contrarrestadas mediante el aumento de la potencia de refrigeración del equipo climatizador.

3.3.2 Cargas interiores:

1. Transmisión a través de particiones: Se trata de la transmisión de calor por conducción producida entre dos locales contiguos donde exista una diferencia de temperatura.

2. Personas: El cuerpo humano debido a su metabolismo genera calor en su interior que es cedido por radiación, convección y evaporación. Este depende de la temperatura ambiente y del grado de intensidad de la actividad física realizada.

3. Iluminación: Los elementos de iluminación convierten la energía eléctrica en calor y en luz.

4. Aparatos electrónicos: El valor del calor aportado por este tipo de instrumentos debe ser la suministrada por el fabricante. En caso de no conocer este valor se debe tomar como aproximación la potencia eléctrica consumida.

3.4 Condiciones exteriores de proyecto:

Las condiciones exteriores de cálculo, se fijarán según la ITE03.3, que nos remite a las tablas climáticas establecidas en la norma UNE 100001-85, sobre las condiciones para proyectos. Estas condiciones variarán respecto a las de diseño al realizar el cálculo durante el intervalo de horas y meses, como es el caso del presente proyecto. Para conseguir los diferentes valores de temperatura seca y temperatura húmeda coincidente se aplican una serie de factores correctores.

Para el caso que nos ocupa se ha seleccionado las 12 horas solares como método de obtención de los factores correctores para las temperaturas dadas por el RITE para condiciones climáticas exteriores de proyecto:

Provincia	Estación					Indicativo	
S.C. Tenerife	Santa Cruz de Tenerife					C449C	
UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD (PUERTO)			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
36	28°27'18"	16°14'56" W	82,617	14,605			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS 99,6 (°C)	TS 99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
10,1	14,0	14,6	6,7	70,0	17,5		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS 0,4 (°C)	THC 0,4 (°C)	TS 1 (°C)	THC 1 (°C)	TS 2 (°C)	THC 2 (°C)	OMDR (°C)
39,7	31,5	22,3	30,0	22,1	28,8	21,8	9,5
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH 0,4 (°C)	TSC 0,4 (°C)	TH 1 (°C)	TSC 1 (°C)	TH 2 (°C)	TSC 2 (°C)		
23,6	23,6	23,0	23,0	22,6	22,6		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD 15 (°C)	GD 20	GDR 20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	17,9	19,2	2	71	6		
Febrero	18,0	19,4	1	64	8		
Marzo	18,7	20,0	0	52	15		
Abril	19,3	20,3	0	39	19		
Mayo	20,6	21,5	0	20	38		
Junio	22,6	23,8	0	2	77		
Julio	24,5	25,8	0	0	129		
Agosto	25,2	26,7	0	0	143		
Septiembre	24,8	26,2	0	0	131		
Octubre	23,2	24,4	0	1	87		
Noviembre	21,0	22,2	0	13	44		
Diciembre	19,0	20,5	0	36	12		

Rosa de los vientos: velocidad media 2,95 m/s

Tabla 1: Condiciones exteriores de proyecto

En este caso se han seleccionado los valores de temperatura seca y húmeda para un nivel percentil del 1% según lo establecido en la tabla 1 de este anexo y que son:

$$Ts = 30 \text{ °C} , Th = 22,1 \text{ °C} \text{ y } OMD = 9,5 \text{ °C}$$

Una vez se han obtenido los valores de temperatura seca, temperatura húmeda y oscilación media diaria podemos obtener los valores de temperaturas finales que utilizaremos como datos exteriores para el cálculo de cargas térmicas, haciendo uso de las siguientes tablas.

OMD (°C)	HORA SOLAR										
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
06	06	05,3	4,1	2,8	0,6	0	0,6	1,1	2,9	04,7	05,6
08	08	06,5	4,9	2,8	0,6	0	0,6	1,1	3,3	05,4	07,5
10	10	07,3	5,3	2,8	0,6	0	0,6	1,4	3,7	05,9	08,4
12	12	08,1	5,6	2,8	0,6	0	0,6	1,7	4,1	06,5	09,2
14	14	08,9	5,6	2,8	0,6	0	0,6	1,7	4,4	07,2	10,0
16	16	09,7	6,4	3,2	0,6	0	0,6	2,1	5,3	08,1	11,3
18	18	10,8	7,2	3,6	0,6	0	0,6	2,7	6,1	09,1	12,5
20	20	11,9	8,0	4,0	0,6	0	0,6	3,4	6,9	10,3	13,8
22	22	13,2	8,8	4,4	0,6	0	0,6	3,8	7,7	11,6	15,4
24	24	14,0	9,2	4,5	0,9	0	0,9	4,2	8,5	12,7	16,6

Tabla 2: Correcciones de temperatura seca exterior, correspondiente a la tabla 2 del capítulo 2 del manual Carrier.

OMD (°C)	HORA SOLAR										
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
06	1,3	1,2	1,1	0,6	0	0	0,0	0,6	0,6	1,2	1,3
08	2,1	1,6	1,1	0,6	0	0	0,0	0,6	0,6	1,6	2,1
10	2,2	2,0	1,4	0,6	0	0	0,0	0,6	0,9	1,7	2,2
12	2,4	2,2	1,7	0,6	0	0	0,0	0,6	1,1	1,7	2,4
14	2,8	2,2	1,7	0,6	0	0	0,0	0,6	1,1	1,7	2,8
16	3,2	2,6	1,7	0,6	0	0	0,0	0,6	1,5	2,1	3,2
18	3,6	3,1	1,9	0,8	0	0	0,0	0,6	1,7	2,5	3,6
20	4,1	3,4	2,2	1,1	0	0	0,0	0,7	1,8	2,9	4,1
22	4,9	3,8	2,2	1,1	0	0	0,0	1,1	2,2	3,3	4,9
24	5,4	3,9	2,6	1,1	0	0	0,4	1,1	2,2	4,0	5,4

Tabla 3: Correcciones de temperatura húmeda exterior, correspondiente a la tabla 3 del capítulo 2 del manual Carrier.

Por lo tanto utilizando la hora solar seleccionada y la oscilación media diaria podemos concretar las temperaturas seca y húmeda corregidas, que se utilizarán en el cálculo posteriormente:

$$Ts_{real} = Ts - \text{Factor de corrección} \rightarrow Ts_{real} = 30^{\circ}\text{C} - 2,8 \rightarrow Ts_{real} = 27,2^{\circ}\text{C}$$

$$Th_{real} = Th - \text{Factor de corrección} \rightarrow Th_{real} = 22,1^{\circ}\text{C} - 0,6 \rightarrow Th_{real} = 21,5^{\circ}\text{C}$$

Donde;

Ts_{real}: Temperatura seca real después de aplicarle el factor de corrección.

Th_{real}: Temperatura húmeda real después de aplicarle el factor de corrección.

Ts: Temperatura seca obtenida de los datos climatológicos.

Th: Temperatura húmeda obtenida de los datos climatológicos.

3.5 Condiciones interiores de cálculo

Para lograr el bienestar térmico, se aplica la ITE 02.2, referente a las condiciones interiores de diseño, y según lo especificado en la UNE-EN ISO 7730, donde se determinan las condiciones en función de la actividad metabólica de las personas, debiendo estar la temperatura interior y la humedad relativa comprendida entre los valores de la tabla 5, correspondiente a la tabla 1 de ITE 02.2.1 bienestar térmico.

Estación	Temperatura	Velocidad aire	Humedad
Verano	23 a 26 °C	<0.18 m/s	40-60 %
Invierno	20 a 24 °C	<0.15 m/s	40-60%

Tabla 4: Condiciones interiores correspondiente a la tabla 1 de ITE 02.2.1

En el caso que nos ocupa la decisión ha sido la de seleccionar los siguientes datos como temperaturas y humedades relativas de diseño.

Temperatura interior: 24 °C

Humedad: 50 %

3.6 Cálculo de cargas térmicas:

Para el cálculo de cargas térmicas, el edificio se ha dividido en módulos, cuyas características se recogen en las hojas de datos al final de este documento.

En este sentido se puede establecer una primera clasificación de las cargas térmicas, según su incidencia:

- Cargas térmicas sensibles: aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.
- Cargas térmicas latentes: las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

En el diseño de un sistema de aire acondicionado (refrigeración) habrá que calcular las cargas térmicas para las situaciones de diseño de verano, dimensionando la instalación para la situación más desfavorable.

3.6.1 Carga sensible:

La carga sensible, es aquella que puede ser medida por una variación de la temperatura seca del local. Se compone de cargas térmicas por radiación solar, a través de las ventanas, por transmisión y radiación a través de muros y techos exteriores, por transmisión a través del resto de cerramientos (excepto muros y techos), por infiltraciones y por ocupación.

3.6.1.1 Carga debida a la radiación a través de ventanas

La carga térmica debida a la radiación a través de una ventana cualquiera se calcula como la ganancia de potencia asociada a la incidencia del sol, para la orientación deseada, en función del día del año donde esta sea mayor. Para ello se debe conocer el valor la aportación por parte del sol por m² de superficie de vidrio para la orientación y latitud deseada.

En nuestro caso el valor de la latitud se aproximará a 30° Norte ya que el edificio se geo localiza según las siguientes coordenadas:

Latitud: 28°28'52.5" N

Longitud: 16°14'24.4" O

Además, la orientación del vidrio en estudio para el caso de todas las aulas será sureste (SE) añadiendo el vidrio del suroeste en el caso de las aulas 1.1 y 2.1. Para el caso del salón de actos la totalidad del vidrio estudiado está orientado hacia el noreste (NE). Por lo tanto acudimos a la siguiente tabla para la obtención de ambos valores de aportación máxima:

30°		TABLA 1 - APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO - W/(m ² de abertura) - (continuación)														30°	
0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR														0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época	
21 Junio	N	59	138	157	142	138	135	129	135	138	142	157	138	6	S	22 Diciembre	
	NE	103	90	56	44	44	44	44	44	44	44	56	90	103	SE		
	E	329	437	408	305	173	59	44	44	44	44	44	37	31	E		
	SE	339	491	506	449	307	138	44	44	44	44	37	31	15	NE		
	S	131	235	283	283	230	138	53	44	44	44	37	31	15	N		
	SO	15	31	37	44	44	44	46	59	66	59	46	44	37	31		NO
22 Julio y 21 Mayo	O	15	31	37	44	44	44	53	138	230	283	283	235	131	O	21 Enero y 21 Noviembre	
	NO	15	31	37	44	44	44	44	138	307	449	506	491	339	SO		
	Horizontal	15	31	37	44	44	44	44	59	173	305	408	437	329	Horizontal		
	N	59	191	412	566	682	754	786	754	682	566	412	191	59	S		
	NE	68	63	44	41	44	44	44	44	44	41	44	63	68	SE		
	E	292	412	386	280	144	50	44	44	44	41	37	28	12	E		
24 Agosto y 20 Abril	SE	313	487	515	456	311	138	44	44	44	41	37	28	12	NE	20 Febrero y 23 Octubre	
	S	131	258	314	314	261	166	68	44	44	41	37	28	12	N		
	SO	12	28	37	44	63	85	94	85	63	44	37	28	12	NO		
	O	12	28	37	41	44	44	44	166	261	314	314	258	131	O		
	NO	12	28	37	41	44	44	44	138	311	456	515	487	314	SO		
	Horizontal	12	28	37	41	44	44	44	50	144	280	386	412	292	Horizontal		
22 Septiembre y 22 Marzo	N	46	208	386	553	673	742	774	742	673	553	386	208	46	S	22 Marzo y 22 Septiembre	
	NE	19	24	34	41	41	44	44	44	41	41	34	24	19	SE		
	E	173	339	314	208	85	44	44	44	41	41	34	24	6	E		
	SE	208	462	519	465	320	144	44	44	41	41	34	24	6	NE		
	S	116	307	399	405	351	258	122	46	41	41	34	24	6	N		
	SO	6	24	41	85	147	182	197	182	147	85	41	24	6	NO		
23 Octubre y 20 Febrero	O	6	24	34	41	41	46	122	258	351	405	399	307	116	O	20 Abril y 24 Agosto	
	NO	6	24	34	41	41	44	144	320	465	519	462	208	SO			
	Horizontal	6	24	34	41	41	44	44	85	208	314	339	173	Horizontal			
	N	19	147	336	506	629	708	739	708	629	506	336	147	19	S		
	NE	0	15	31	37	41	44	44	44	41	37	31	15	0	SE		
	E	0	232	283	125	46	44	44	44	41	37	31	15	0	E		
21 Noviembre y 21 Enero	SE	0	390	496	452	324	151	44	44	41	37	31	15	0	NE	21 Mayo y 23 Julio	
	S	0	307	412	478	443	355	210	78	41	37	31	15	0	N		
	SO	0	28	56	188	258	307	329	307	258	188	56	28	0	NO		
	O	0	15	31	37	41	78	210	355	443	478	412	307	0	O		
	NO	0	15	31	37	41	44	44	151	324	452	496	390	0	SO		
	Horizontal	0	15	31	37	41	44	44	46	125	283	232	0	Horizontal			
22 Diciembre	N	0	6	85	223	342	427	456	427	342	223	85	6	0	S	21 Junio	
	NE	0	0	12	28	34	37	37	37	34	28	12	0	0	SE		
	E	0	0	31	28	34	37	37	37	34	28	12	0	0	E		
	SE	0	0	289	329	252	100	37	37	34	28	12	0	0	NE		
	S	0	0	358	493	509	449	339	226	87	28	12	0	0	N		
	SO	0	0	201	355	447	500	513	500	447	355	201	0	0	NO		
Correcciones	O	0	0	12	28	87	226	339	449	509	493	358	0	0	O	Latitud sur Dic. o Enero 1,07	
	NO	0	0	12	28	34	37	37	100	252	329	289	0	0	SO		
	Horizontal	0	0	12	28	34	37	37	37	34	28	31	0	0	Horizontal		
	Marco metálico o sin marco		1,17 o menos		Turbidez del aire entre 1 y 0,85				Altitud		Punto de rocío		Latitud sur				
								$1 + 0,007 \times \frac{\text{altitud}}{300}$		$1 + 0,14 \times (19,5 - T_{pp})/10$		Dic. o Enero 1,07					

Tabla 5: Aportaciones máximas solares. Correspondiente a la tabla 1 del capítulo 4 del manual de Carrier.

Seleccionamos por tanto para la orientación SE, el 24 de Agosto a las 8 horas, el día de mayor insolación y el 22 de Diciembre a las 12 Horas para la orientación SO, mientras que para el estudio del salón de actos seleccionaremos el día 21 de Junio a las 6 horas como día de mayor insolación, quedando detalladas las aportaciones para cada orientación de la siguiente forma:

Aulas	Orientación del vidrio	Aportación R (W/m ²)
2.1 y 1.1	SE	519
2.1 y 1.1	SO	513
1.2,1.3,1.4,1.5	SE	519
2.2,2.3,2.4,2.5	SE	519
Salón de actos	NE	103

Tabla 6: Ganancias los locales en función de la orientación de las ventanas

Una vez hemos obtenido el valor de las aportaciones solares para la orientación y latitud deseada es necesario comentar que estará también condicionada por la calidad del aire en el ambiente, la existencia de persianas en las ventanas, el tipo de marco que configura la ventana y factor de rocío. Todos estos valores están tabulados en la tabla 5 y en la tabla 7, y se han utilizado:

TABLA 2. FACTORES TOTALES DE GANANCIA SOLAR A TRAVÉS DEL VIDRIO (coeficientes globales de insolación con o sin dispositivo de sombra o pantalla)										
Velocidad del viento 8 km/h. Ángulo de incidencia 30°. Con máxima sombra de persiana.										
TIPO DE VIDRIO	SIN PERSIANA O PANTALLA	PERSIANAS VENECIANAS INTERIORES Listones horizontales o verticales inclinados 45° O CORTINAS DE TELA			PERSIANAS VENECIANAS EXTERIORES Listones horizontales inclinados 45°		PERSIANA EXTERIOR Listones inclinados 17° (horizontales)		CORTINA EXTERIOR DE TELA Circulación de aire arriba y lateralmente	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Exterior claro Interior oscuro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Color medio u oscuro
VIDRIO SENCILLO ORDINARIO	1,00	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,22	0,15	0,20	0,25
VIDRIO SENCILLO 6 mm	0,94	0,56	0,65	0,74	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
VIDRIO ABSORBENTE										
Coefficiente de absorción 0,40 a 0,48	0,80	0,56	0,62	0,72	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Coefficiente de absorción 0,48 a 0,56	0,73	0,53	0,59	0,62	0,11	0,10	0,16	0,11	0,15	0,18
Coefficiente de absorción 0,56 a 0,70	0,62	0,51	0,54	0,56	0,10	0,10	0,14	0,10	0,12	0,16
VIDRIO DOBLE										
Vidrios ordinarios	0,90	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,20	0,14	0,18	0,22
Vidrios de 6 mm	0,80	0,52	0,59	0,65	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio interior ordinario										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,52	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13
Vidrio interior de 6 mm										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,50	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12
VIDRIO TRIPLE										
Vidrio ordinario	0,83	0,48	0,56	0,64	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio de 6 mm	0,69	0,47	0,52	0,57	0,10	0,10	0,15	0,10	0,14	0,17
VIDRIO PINTADO										
Color claro	0,28									
Color medio	0,39									
Color oscuro	0,50									
VIDRIO DE COLOR										
Ámbar	0,70									
Rojo oscuro	0,56									
Azul	0,60									
Gris	0,32									
Gris-verde	0,46									
Opalescente claro	0,43									
Opalescente oscuro	0,37									

Tabla 7: Factores de corrección en función del tipo de vidrio y de la existencia de persianas, corresp. Tabla 2 del capítulo 4 del manual Carrier.

Marco metálico: 1,17

Turbidez del aire: 0,9

$$\text{Altitud: } 1 + 0,007 \cdot \frac{\text{altitud}}{300} \rightarrow 1 + 0,007 \cdot \frac{0}{300} = 1$$

Tipo de vidrio: 0,62

Persianas: 0,25

La corrección para punto de rocío diferente de 19,5 °C se obtiene su valor aplicando la siguiente fórmula:

$$F_{pr} = 1 - 0,14 \cdot (T_{pr} - 19,5)/10$$

Donde;

F_{pr} = Factor punto de rocío.

T_{pr} = Temperatura punto de rocío.

La temperatura de punto de rocío la obtendremos de la siguiente fórmula:

$$T_{pr} = \sqrt[8]{\frac{H}{100} \cdot (112 + 0,9 \cdot T) + (0,1 \cdot T) - 112}$$

Donde;

T_{pr} = Temperatura punto de rocío.

H = humedad relativa

T = Temperatura de confort

Por lo tanto el valor del factor de corrección punto de rocío será:

$$F_{pr} = 0,9776$$

Una vez hemos obtenido todos los valores necesarios podremos calcular el valor de la ganancia a través del cristal se expresará por tanto según:

$$\text{Ganancia} = S \cdot R \cdot \sum f$$

Donde;

S = Superficie total del vidrio de la ventana

R = Ganancia debido a la orientación, mes del año y hora donde es máxima

$\sum f$ = Suma de factores de corrección en función de las características de ambiente, configuración, etc. antes mencionado.

3.6.1.2 Carga debida a la radiación y transmisión a través de muros y techos exteriores.

La transmisión de calor se produce siempre, cuando dos zonas se encuentran a distintas temperaturas, al intentar equilibrar estas diferencias. La naturaleza dispone de varios tipos de transmisión, dependiendo de los distintos tipos de estados de la materia que dispone.

En los muros y techos exteriores se evalúa conjuntamente la transferencia de calor por conducción, convección y radiación. Por este motivo se utiliza el método de la diferencia equivalente de temperaturas que se provocaría por conducción y convección, solo debidas a la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior del local y la radiación solar incidente en el local.

Para poder determinar la diferencia equivalente de temperaturas, se utiliza el método utilizado en el manual de aire acondicionado de Carrier, que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$DT_{eq} = a + DT_{es} + \frac{b \cdot R_s}{R_m \cdot (DT_{em} - DT_s)}$$

Donde;

DT_{eq} = diferencia equivalente de temperatura

a = factor de corrección para poder tener en cuenta:

- una diferencia de temperatura interior-exterior diferente de 10°C, cogiendo la temperatura exterior a las 15 horas del mes de cálculo.
- una variación diurna de temperatura seca diferente de 15°C

DT_{es} = diferencia equivalente de temperatura por el cerramiento a la sombra, a la hora del cálculo. Este parámetro depende del peso por m² del cerramiento.

b = factor que considera el color de los muros exteriores:

$b = 1,00$ si color oscuro

$b = 0,78$ si color medio

$b = 0,55$ si color claro

R_s = radiación solar máxima para el mes de cálculo a través de una superficie acristalada vertical (teniendo en cuenta su orientación) o horizontal, y por la latitud de la población de la obra.

Rm = radiación solar máxima para el mes de Julio a través de una superficie acristalada vertical (para la orientación que le corresponda) o horizontal, y por una latitud de 40°N.

D_{Tem} = diferencia equivalente de temperatura para el cerramiento al sol, a la hora de cálculo. Dependerá del peso por m² del cerramiento.

Se utilizarán las siguientes tablas para conocer los valores necesarios para realizar el cálculo:

**Tabla 1 - DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
MUROS SOLEADOS O EN SOMBRA***

*Valadero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h mes de Julio y 40° de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg/m ²)	HORA SOLAR																							
		MAÑANA						TARDE												MAÑANA					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8	
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9	
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	1,7
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	3,9
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0	5,0
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,1	3,3	2,8
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-3,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	1,3	7,2
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	1,1	0,5

Tabla 8: Diferencia Equivalente de temperatura para muros soleados. Corresp. Tabla 1 cap 5 del manual Carrier

**Tabla 2 - DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
TECHO SOLEADO O EN SOMBRA***

Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h mes de Julio y 40° de latitud Norte **

CONDI- CIONES	PESO DEL MURO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																																																				
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA																												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5																													
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	2,2	5,5	8,9	12,2	15,6	18,9	21,1	22,8	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7							
	100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5	8,9	12,8	16,7	20	22,8	23,9	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1	3,9	7,2	10,6	14,0	17,4	20,8	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7									
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5	3,3	6,7	10,0	13,3	16,7	20,0	23,3	25,6	25,6	23,9	22,2	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5	3,3	2,2	1,1							
	300	5	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10	8,9	7,2	6,1	10	12,8	15,6	18,4	21,2	24,0	26,8	28,6	28,6	26,8	24,0	21,2	18,4	15,6	12,8	10	8,9	7,2	6,1	5	3,3	2,2	1,1						
400	7,2	6,7	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	20,6	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15	12,8	11,1	10	7,8	12,8	15,6	18,4	21,2	24,0	26,8	28,6	28,6	26,8	24,0	21,2	18,4	15,6	12,8	11,1	10	7,8	6,7	6,1	5	3,3	2,2	1,1							
Cubiert de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	5,5	8,9	10,6	12,2	11,1	10	8,9	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2	-2,8	2,2	5,5	8,9	12,2	15,6	18,9	21,1	22,2	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8						
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-1,1	-1,7	-2,2	3,9	7,2	10,6	14,0	17,4	20,8	23,9	25,6	25,6	23,9	22,2	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5	3,3	2,2	1,1							
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,9	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0	10	12,8	15,6	18,4	21,2	24,0	26,8	28,6	28,6	26,8	24,0	21,2	18,4	15,6	12,8	11,1	10	7,8	6,7	6,1	5	3,3	2,2	1,1					
Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2	2,2	5,5	8,9	12,2	15,6	18,9	21,1	22,2	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8						
	200	-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5	3,9	2,8	1,7	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,7	3,9	7,2	10,6	14,0	17,4	20,8	23,9	25,6	25,6	23,9	22,2	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5	3,3	2,2	1,1						
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0	10	12,8	15,6	18,4	21,2	24,0	26,8	28,6	28,6	26,8	24,0	21,2	18,4	15,6	12,8	11,1	10	7,8	6,7	6,1	5	3,3	2,2	1,1					
En la sombra	100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	2,2	5,5	8,9	12,2	15,6	18,9	21,1	22,2	23,9	25,6	25	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8						
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	3,9	7,2	10,6	14,0	17,4	20,8	23,9	25,6	25,6	23,9	22,2	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5	3,3	2,2	1,1						
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5	5,5	5,5	5,5	5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	10	12,8	15,6	18,4	21,2	24,0	26,8	28,6	28,6	26,8	24,0	21,2	18,4	15,6	12,8	11,1	10	7,8	6,7	6,1	5	3,3	2,2	1,1					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5																													
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA																												
		HORA SOLAR																																																				

Tabla 9: Diferencia equivalente de temperatura para techos soleados. Corresp. Tabla 2 Cap 5 del manual Carrier.

Tabla 3 - CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA (°C)

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 HS																					
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26	-26,5	-27	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8				
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22	-22,5	-23,4	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8				
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18	-18,5	-19	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8				
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14	-14,5	-15	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8				
0	-5	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6				
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6	-6,6	-7	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7				
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7				
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4	-4,5	-5	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8				
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2	-2,5	-3	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8				
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2	-2,8	-3,3	-3,9				
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8				
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2				
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2				
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2				
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2				
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10	9,4	8,9	8,3				

Tabla 10: Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura. Corresp. Tabla 3 Cap 5 del manual Carrier.

Los valores de DTE están representados en la tabla 9 y la tabla 10 para cada tipo de material

Los valores del coeficiente de transmisión han sido seleccionados en función de la normativa Los valores de los coeficientes de transmisión de cada uno de los elementos de cierre del local han sido calculados según la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios NBE-CT-79.

Los coeficientes de transmisión considerados son:

Cristal ventanas: $2,75 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Muros exteriores: $0,57 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Cubiertas: $0,44 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Particiones: $1,55 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Una vez obtenido el valor de la diferencia equivalente de temperaturas, la carga térmica para los muros y techos expuestos a la radiación solar se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{r+t} = S \cdot K \cdot DT_{eq}$$

Donde;

Q = carga térmica a través del muro o techo exterior en W

S = superficie del cerramiento en m^2

K = coeficiente de transmisión de calor del cerramiento en $\text{W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

DT_{eq} = diferencia equivalente de temperatura en $^\circ\text{C}$

3.6.1.3 Carga por transmisión para paredes de pasillo:

Este tipo de transmisión se realiza por conducción a través de los cerramientos que separan las diferentes aulas de los pasillos donde se ha establecido una temperatura de $26 \text{ }^\circ\text{C}$, es decir, 1°C por debajo de la temperatura exterior.

$$Q_t = S \cdot K \cdot \Delta T$$

Donde;

S= Superficie del muro

K= coeficiente de transmisión de calor del cerramiento en $\text{W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

ΔT = Diferencia de temperatura exterior-interior

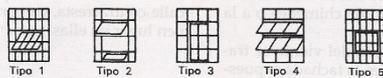
3.6.1.4 Carga debida a las infiltraciones:

El valor de la potencia aportada por la necesidad de contrarrestar las infiltraciones a través de huecos y ventanas se calcula mediante la obtención del caudal de infiltración en función de la cantidad y tipo de ventanas.

Tabla 1 - INFILTRACIONES POR LAS PUERTAS Y VENTANAS EN VERANO*
Velocidad del viento: 12 km/h**

c) VENTANAS A BATTENTES ***										
DESIGNACIÓN	m³/h POR m² DE ABERTURA									
	Porcentaje de la superficie que puede ser abierta									
	0%	25%	33%	40%	45%	50%	60%	66%	75%	100%
Ventana tipo 1	6,0	13,2	-	18,0	-	-	-	26,5	-	47,4
Ventana tipo 2	-	7,1	-	-	-	10,0	13,5	-	-	-
Ventana tipo 3	-	-	5,1	-	-	9,0	-	-	-	11,5
Ventana tipo 4	-	-	-	-	4,2	-	-	5,9	7,1	-
Ventana tipo 5	5,0	10,6	-	15,0	-	-	-	22,0	-	40,0

b) VENTANAS DE GUILLOTINA ***						
DESIGNACIÓN	m³/h POR m² DE ABERTURA					
	Pequeña 75 x 180 cm			Grande 140 x 245 cm		
	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana
Marco madera	7,8	4,8	4,0	5,0	3,1	2,6
Marco madera mal ajustado	22,0	6,8	11,0	14,0	4,4	7,0
Marco metálico	14,6	6,4	7,3	9,3	4,0	4,6



DIFERENTES TIPOS DE VENTANAS (vistas desde el exterior)

Tabla 11: Valor de las infiltraciones. Corresp Tabla 1 cap.6 del manual Carrier

En este caso se trata de una ventana de guillotina tipo 3 que se puede abrir hasta un 50% del total de su superficie por lo que, aplicando la corrección pertinente al valor de la velocidad del viento tabulada obtenemos el caudal de infiltración según la siguiente fórmula:

$$V_i = V_1 \cdot S_v \cdot C_v$$

Donde;

V_i = Caudal de infiltración

V_1 = Caudal de infiltración correspondiente al tipo de ventana

S_v = Área de la ventana que se puede abrir

C_v = Corrección para el valor tabulado en función del valor real de v del viento

En el caso que nos ocupa la velocidad del viento es diferente a la de 12 km/h para la cual la tabla está calculada por lo que el factor de corrección C_v será:

Velocidad del viento real= 2,95 m/s o 10,62 Km/h obtenido de la tabla 12

$$C_v = \frac{10,62}{12} \rightarrow C_v = 0,885$$

Por lo tanto el valor del caudal de infiltración será:

$$V_i = 9 \text{ m}^3/\text{h} \cdot S_v \cdot 0,885$$

Donde se sustituirá el valor de S_v por el del área total de ventana que se puede abrir en los diferentes casos.

Una vez hemos obtenido el valor del caudal de infiltración por ventanas y huecos, se podrá conocer el valor de la potencia necesaria para contrarrestar la acción de estas según la fórmula:

$$Q_i = 0,34 \cdot V_i \cdot \Delta T$$

Donde;

$V_i =$ Caudal de infiltración

$\Delta T =$ Diferencia de temperatura exterior-interior

3.6.1.5 Carga debida a la ocupación:

Se basa en conocer, gracias a los resultados tabulados de metabolismo, el valor de la carga aportada por el número de personas que ocupan un aula en función de su actividad. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_p = n \cdot Q_{am}$$

Donde;

n= número de ocupantes del local

$Q_{am} =$ carga debido a la actividad metabólica

Los valores de la actividad metabólica se obtendrán de la tabla siguiente:

TABLA 1 - GANANCIAS DEBIDAS A LOS OCUPANTES													
GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (W)	Metabolismo medio (W)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				W		W		W		W		W	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	114	102	51	51	57	45	61	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	131	116	52	64	56	60	63	53	70	46	79	14
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	139	131	52	79	58	73	63	68	71	60	82	49
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	161											
Sentado, de pie	Farmacia	161	146	52	94	58	88	64	82	74	72	85	61
De pie, marcha lenta	Banco	161											
Sentado	Restaurante	146	161	56	106	64	97	71	90	82	79	94	67
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	234	219	56	164	64	155	72	147	86	133	107	113
Baile o danza	Sala de baile	263	248	64	184	72	176	80	168	95	153	117	131
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante penoso	292	292	79	213	88	204	96	196	111	181	135	158
Trabajo penoso	Pista de bowling Fábrica	438	423	131	292	136	288	142	282	153	270	176	247

Tabla 12.1: Ganancia debida a la actividad metabólica de los ocupantes (sensible).

3.6.1.6 Carga debida a la iluminación:

Se trata de calcular el valor de la aportación por parte de las lámparas instaladas en cada una de las aulas, pueden ser de tipo incandescente o fluorescente y se calculará según:

$$\text{Incandescente} = \text{Potencia de la lámpara}$$

La aportación de las lámparas incandescentes es calculada directamente con la potencia nominal de las mismas.

$$\text{Fluorescente} = 1,25 \cdot \text{Potencia de la lámpara}$$

La aportación de las lámparas fluorescentes se calcula multiplicando el valor 1,25 por el total de la potencia de las lámparas instaladas. Por lo tanto el valor del calor aportado por la iluminación será:

$$Q_{ilum} = \text{Potencia incandescente} + \text{Potencia fluorescente}$$

En el caso de los locales a climatizar se ha estimado un número de lámparas y potencias recogidas en la siguiente tabla:

Aulas	Número de Lámparas	Potencia unitaria (W)
1.1 y 2.1	18	50
1.2, 1.3, 1.4 y 1.5	9	50
2.3, 2.3, 2.4 y 2.5	9	50
Salón de actos	143	50

Tabla 13: Numero de lámparas incandescentes por aula y potencia unitaria

Aulas	Número de Lámparas	Potencia unitaria (W)
1.1 y 2.1	7	18
1.2, 1.3, 1.4 y 1.5	4	18
2.3, 2.3, 2.4 y 2.5	4	18
Salón de actos	0	--

Tabla 14: Número de lámparas fluorescentes por aula y potencia unitaria

3.6.1.7 Carga sensible efectiva:

El valor final de carga sensible efectiva se conseguirá con la suma de los aspectos antes mencionados.

$$Q_{se} = Q_r + Q_t + Q_{r+t} + Q_i + Q_p + Q_{ilum}$$

Donde;

Q_r =Calor debido a radiación.

Q_t =Calor debido a la transmisión.

Q_{r+t} =Calor debido a la radiación y transmisión.

Q_i =Calor debido a la infiltración.

Q_p =Calor debido a la ocupación.

Q_{ilum} =Calor debido a la iluminación.

3.6.2 Carga latente:

La carga latente es aquella que puede ser medida por una variación de la humedad específica del local. Está formada por la carga térmica latente de ocupantes y la carga latente de infiltración.

3.6.2.1 Carga latente por ocupación:

La carga térmica latente debida al metabolismo de los ocupantes del local se calcula en función del tipo de actividad física que éstos realicen:

$$Q_{lo} = n \cdot Q_{aml}$$

Donde;

Q_{lo} = carga latente por ocupación

n = número de personas

Q_{aml} = carga debido a la actividad metabólica latente

TABLA 1 - GANANCIAS DEBIDAS A LOS OCUPANTES													
GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (W)	Metabolismo medio (W)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				W		W		W		W		W	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	114	102	51	51	57	45	61	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	131	116	52	64	56	60	63	53	70	46	79	14
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	139	131	52	79	58	73	63	68	71	60	82	49
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	161											
Sentado, de pie	Farmacia	161	146	52	94	58	88	64	82	74	72	85	61
De pie, marcha lenta	Banco	161											
Sentado	Restaurante	146	161	56	106	64	97	71	90	82	79	94	67
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	234	219	56	164	64	155	72	147	86	133	107	113
Baile o danza	Sala de baile	263	248	64	184	72	176	80	168	95	153	117	131
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante penoso	292	292	79	213	88	204	96	196	111	181	135	158
Trabajo penoso	Pista de bowling Fábrica	438	423	131	292	136	288	142	282	153	270	176	247

Tabla 12.2: Ganancia debida a la actividad metabólica de los ocupantes (latente).

3.6.2.2 Carga latente por infiltración:

La carga térmica latente debida a la infiltración se calcula teniendo en cuenta el valor de las humedades absolutas del exterior y del interior del local a climatizar.

$$Q_{li} = 0,83 \cdot V_i \cdot \Delta W$$

Donde;

V_i = Caudal de infiltración

ΔW = Diferencia de humedad absoluta

3.6.2.3 Carga latente efectiva

El valor final de carga latente efectiva se conseguirá con la suma de los aspectos antes mencionados.

$$Q_{le} = Q_{lo} + Q_{li}$$

Donde;

Q_{lo} = Carga latente por ocupación.

Q_{li} = Carga latente por infiltración

3.6.3 Cálculo del caudal de ventilación:

El valor del caudal de ventilación necesario se obtendrá utilizando el valor de la carga total efectiva, que es la suma de la carga sensible efectiva y la carga latente efectiva. Una vez obtenido este

valor podemos calcular el caudal de suministro según la siguiente formula, teniendo en cuenta un factor de bypass de 0,25:

$$V_{\text{sum}} = \frac{Q_{et}}{0,34 \cdot (1 - f) \cdot (t_2 - t_4)}$$

Donde;

V_{sum} = Caudal de impulsión (m³/h)

Q_{et} = Carga total efectiva (Sensible efectiva + Latente efectiva)

f = factor de bypass igual a 0,25

T_2 =Temperatura en el interior del local

T_4 =Temperatura del aire de mezcla ideal a una temperatura igual a la de rocío (obtenido del diagrama psicrométrico)

3.7 Estudio Psicrométrico. Cálculo del factor de calor sensible efectivo

Se ha realizado el estudio psicrométrico de los diferentes locales para un supuesto caso de tratamiento del aire de climatización mediante unidad de tratamiento de aire (UTA), sistema que ha sido el elegido para la climatización del salón de actos. Para ello debemos calcular el factor de calor sensible efectivo (FCSE) que es la relación entre la carga sensible efectiva y la suma del calor sensible efectivo más el calor latente efectivo.

Una vez obtenido este valor podemos conocer la evolución de las condiciones del aire tal y como muestra la siguiente Figura:

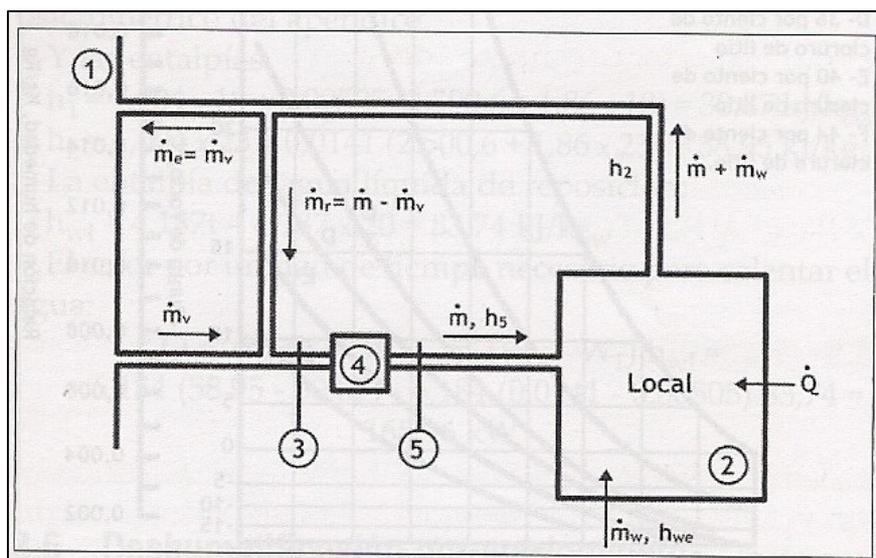


Figura 1: Esquema de la instalación para un proceso de refrigeración usando una unidad de tratamiento de aire (UTA)

Donde;

1. Condiciones del aire en el exterior del local
2. Condiciones del aire en el interior del local
3. Condiciones del aire a la entrada de la UTA. Es el resultado de mezclar el aire exterior con el aire procedente del local.
4. Representa una temperatura llamada punto de rocío de la máquina, que se puede interpretar como la temperatura media de la superficie de la batería de refrigeración.
5. Condiciones del aire de salida de la UTA. Este aire es el denominado aire de suministro.

La manera de proceder es calcular en primera instancia el valor del FCSE mediante la siguiente fórmula:

$$FCSE = \frac{Q_{se}}{Q_{se} + Q_{le}}$$

Donde;

FCSE = Factor de calor sensible efectivo

Q_{se}: Calor sensible efectivo

Q_{le}: Calor latente efectivo

Una vez obtenido este valor acudimos al diagrama psicrométrico y establecemos los puntos 1 y 2 que son nuestras condiciones exteriores e interiores de cálculo:

Estado 1: Condiciones exteriores de temperatura y humedad

Estado 2: Condiciones interiores de temperatura y humedad

El siguiente paso será trazar una recta desde el valor del factor de calor sensible efectivo, a través del punto que representa el estado 2 hasta cortar con la curva de saturación. Este punto (4) representa un estado del aire que saldría de la UTA en condiciones ideales y es el llamado temperatura de rocío de la batería, representando un estado de aire saturado a la temperatura que tiene la superficie de la batería de refrigeración.

A continuación se calculará la temperatura en el estado 3, caracterizado por ser una mezcla del aire exterior con el aire procedente del local.

$$t_3 = t_2 + \left(\frac{V_v}{V}\right) \cdot (t_1 - t_2)$$

Donde,

$t_3 =$ Temperatura del estado 3 (mezcla de aire interior y exterior)

$t_2 =$ Temperatura del estado 2 (temperatura de confort)

$V_v =$ Caudal de ventilación

$V =$ Caudal de suministro

$t_1 =$ Temperatura del exterior del aire del local

La temperatura del estado 5, que representa las condiciones reales del aire a la salida de la UTA, es decir que se experimenta una evolución entre el estado 4 y el 5, se calculará según la siguiente ecuación:

$$t_5 = t_4 + f \cdot (t_3 - t_4)$$

Donde,

$t_5 =$ Temperatura del estado 5 (Condicioens reales a la salida de la UTA)

$t_4 =$ Temperatura de rocío de la UTA

$f =$ Factor de Bypass (0,25)

$t_3 =$ Temperatura del estado 3 (mezcla de aire interior y exterior)

La representación final de la evolución de las condiciones del aire tratado se representará por tanto de la siguiente forma:

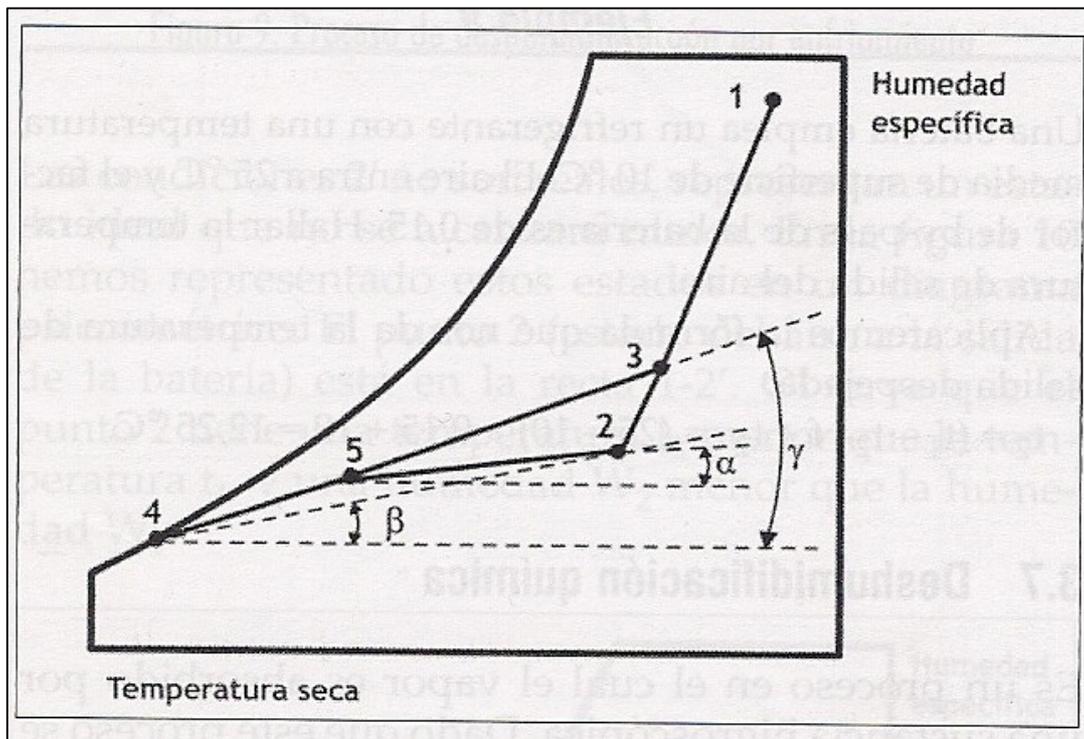


Figura 2: Representación gráfica del proceso de evolución de la condiciones del aire tratado por la UTA.

Una vez explicados los pasos a seguir para la obtención de los diferentes estados y cargas térmicas, se adjuntan las diferentes tablas donde se recogen todos los cálculos realizados para cargas térmicas de cada uno de los locales a climatizar.

Además se adjunta un estudio psicrométrico de cada uno de las aulas y salón de actos para poder comparar la evolución de las condiciones del aire antes y después de ser tratado. La comparación se basa en el supuesto de que todos los sistemas de climatización a instalar son el mismo que el que se instala en el salón de actos, utilizando una unidad de tratamiento de aire.

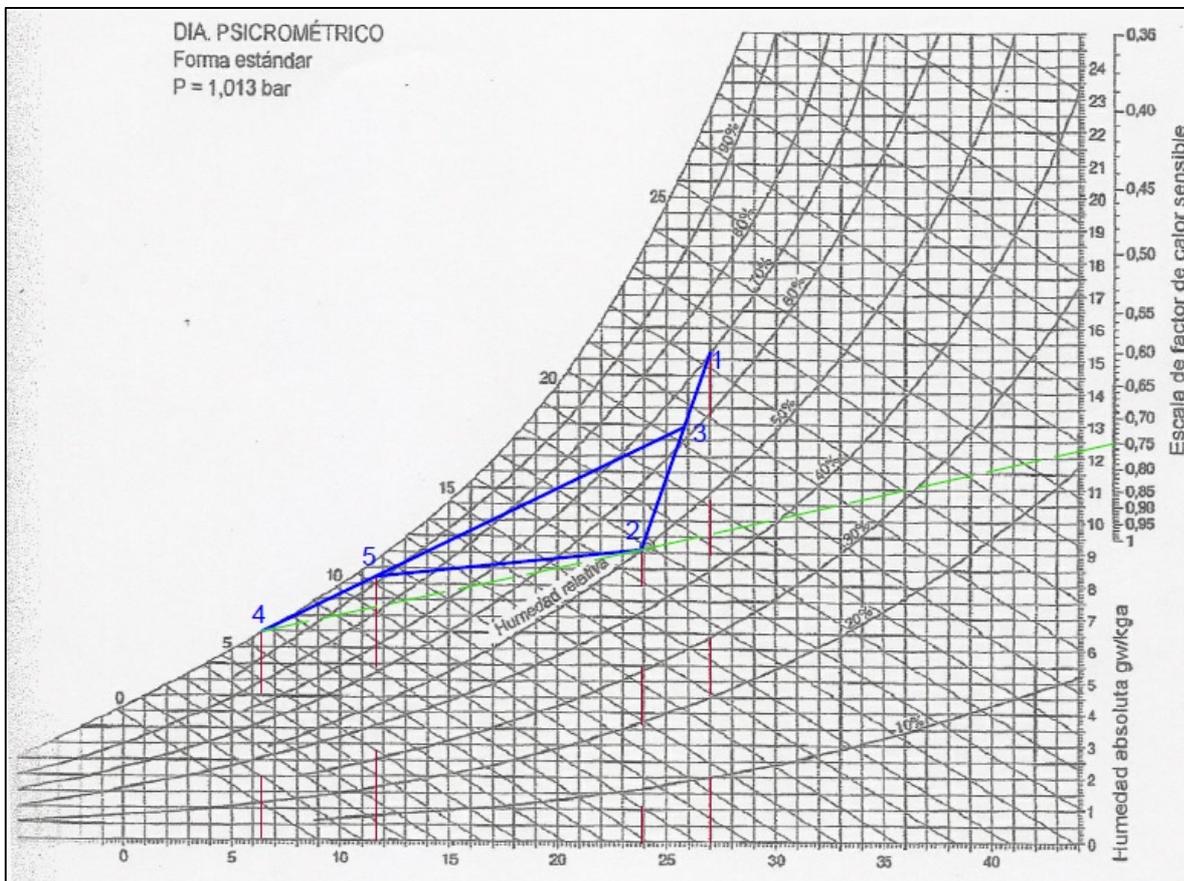
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 1.1	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	90,57
Personas	50	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	38,188989
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		2648,173056		Personas latente n x OI	19,31164885
Ventanas SO		523,2747092		Otros	3000
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Total latente (4)	
Pared SE AI		233,9300777		Suma latente efectiva (4) + (5)	3019,311649
Pared SE Horm1		18,7629737		10% de seguridad (6)	301,9311649
Pared SO AI		67,57194227		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	3321,242814
Pared SO Horm1		2,617772099		Total efectiva	15170,3785
Techo		0		Temperatura estado 4	6
Transmisión S x K x ΔT				Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	
Vidrio SE		70,3208		Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)	3305,093354
Vidrio SO		14,06416		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	26,17845586
Pared interior pasillo		54,97536		Humedad absoluta estado 3	11,04461397
Pared interior baños		51,894		Humedad absoluta estado 5	0,013
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		2428,856678		Entalpía estado 3	0,0084
Personas sensible n x Os		3550		Entalpía estado 5	58,79128403
Iluminación				Potencia en W	32,26639347
Incandescente I		900			15170,3785
Fluorescente 1,25 I		157,5			
Otros ordenador		50		FCS	0,781070537
Total sensible		10771,94153			
Suma sensible efectiva		10771,94153			
10 % de seguridad		1077,194153			
Total sensible efectiva		11849,13568			

Tabla 15: Cálculo de refrigeración aula 1.1

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	10	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	34,91			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	3,275			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	2	0,7991	513	327,4150352	2,75	
Pared Aluminio	0,12	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0,12	0,544			0,57	8,442247482
Pared interior baños						
Techo	0	16,74			1,55	
		90,57			0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
	1	10,24			1,55	13,5
Pared Hormigón	1	31,36			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	48,224			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	1	19,232			0,57	10,578
Ganancias						
Personas	50		71	60		
Alumbrado Fluor	7		18			
Alumbrado Incan	18		50			
Ordenador						
	1		50			

Tabla 16 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 3 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 1.1.



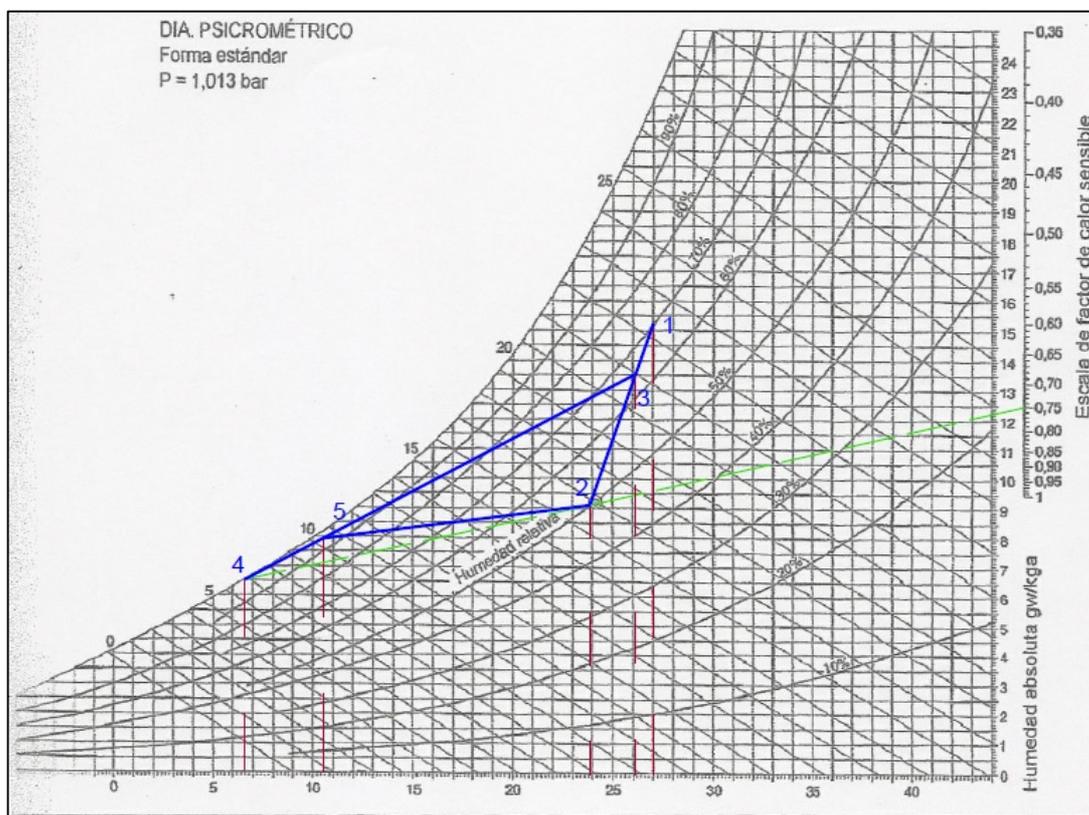
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 1.2	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	45
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	15,91207875
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f			Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW		
Ventanas SE		1324,086528	Personas latente n x Oi		19,31164885
Ventanas SO		0	Otros		1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq			Total latente (4)		1519,311649
Pared SE Al		116,9650388	Suma latente efectiva (4) + (5)		1519,311649
Pared SE Horm1		9,381486848	10% de seguridad (6)		151,9311649
Pared SO Al		0	Total latente efectiva (4) + (5) + (6)		1671,242814
Pared SO Horm1		0	Total efectiva		7269,287372
Techo		0	Temperatura estado 4		6,4
Transmisión S x K x ΔT			Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)		1619,716438
Vidrio SE		35,1604	Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)		26,22261126
Vidrio SO		0	Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)		11,35565282
Pared interior pasillo		27,48768	Humedad absoluta estado 3		0,014
Pared interior baños		0	Humedad absoluta estado 5		0,0085
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,050283	Entalpía estado 3		61,33626627
Personas sensible n x Os		1775	Entalpía estado 5		32,8357083
Iluminación			Potencia en W		7269,287372
Incandescente I		450			
Fluorescente 1,25 I		90			
Otros ordenador		50	FCS		0,770095371
		0			
Total sensible		5089,131416			
Suma sensible efectiva		5089,131416			
10 % de seguridad		508,9131416			
Total sensible efectiva		5598,044558			

Tabla 17: Cálculo de refrigeración aula 1.2

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0	45			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	0	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador						
	1	50				

Tabla 18 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 4 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 1.2

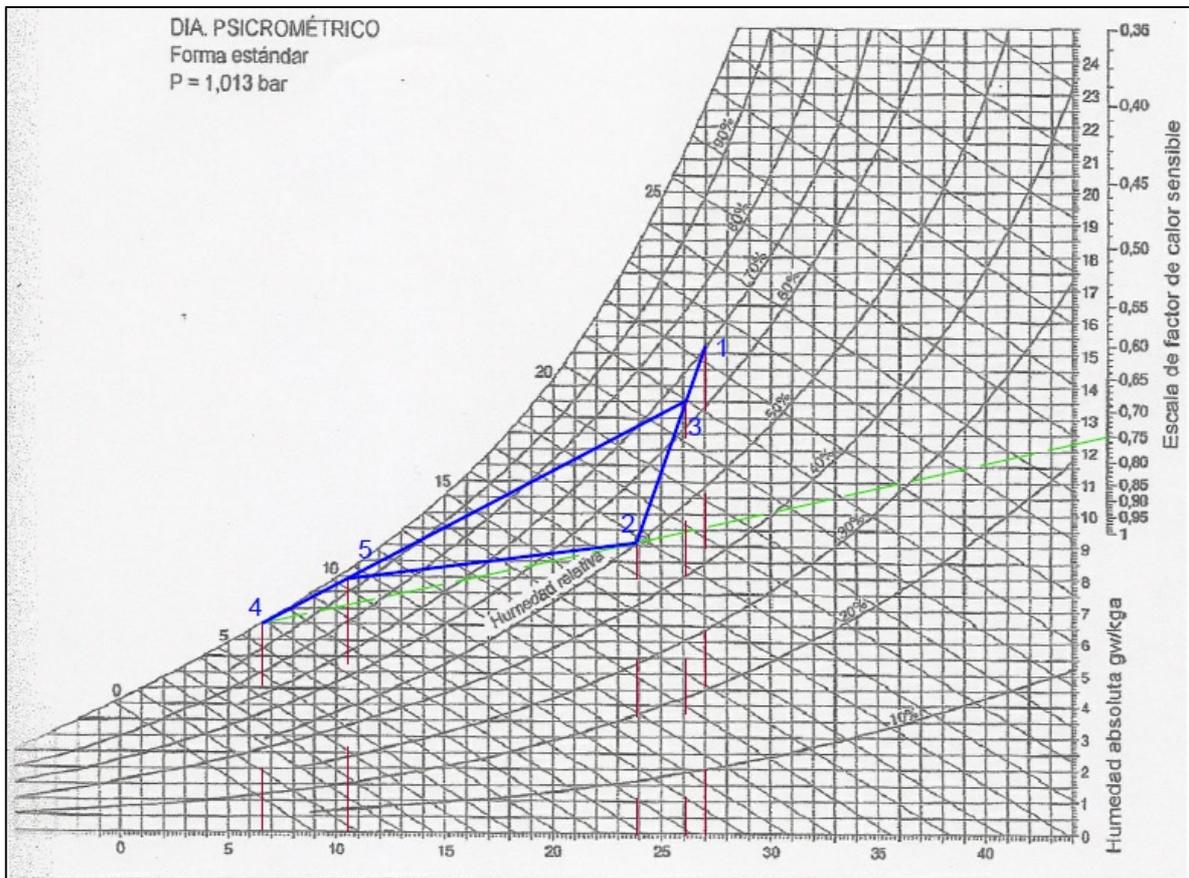


Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 1.3	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	46,84
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	16,129125
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		1342,147526			19,31164885
Ventanas SO		0		Personas latente n x OI	1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Otros	
Pared SE AI		116,9650388		Total latente (4)	1519,311649
Pared SE Horm1		9,381486848		Suma latente efectiva (4) + (5)	1519,311649
Pared SO AI		0		10% de seguridad (6)	151,9311649
Pared SO Horm1		0		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	1671,242814
Techo				Total efectiva	7289,935457
Transmisión S x K x ΔT				Temperatura estado 4	7
Vidrio SE		35,64		Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	1681,646011
Vidrio SO		0		Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)	26,14075969
Pared interior pasillo		27,48768		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	11,78518992
Pared interior baños		0		Humedad absoluta estado 3	0,014
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,280672		Humedad absoluta estado 5	0,0085
Personas sensible n x Os		1775		Entalpía estado 3	61,25408729
Iluminación				Entalpía estado 5	33,27375454
Incandescente I		450		Potencia en W	7289,935457
Fluorescente 1,25 I		90			
Otros ordenador		50			
Total sensible		5107,902403		FCS	0,770746556
Suma sensible efectiva		5107,902403			
10 % de seguridad		510,7902403			
Total sensible efectiva		5618,692644			

Tabla 19: Cálculo de refrigeración aula 1.3

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,81	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0	46,84			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador						
	1	50				

Tabla 20 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas. Figura 5 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 1.3



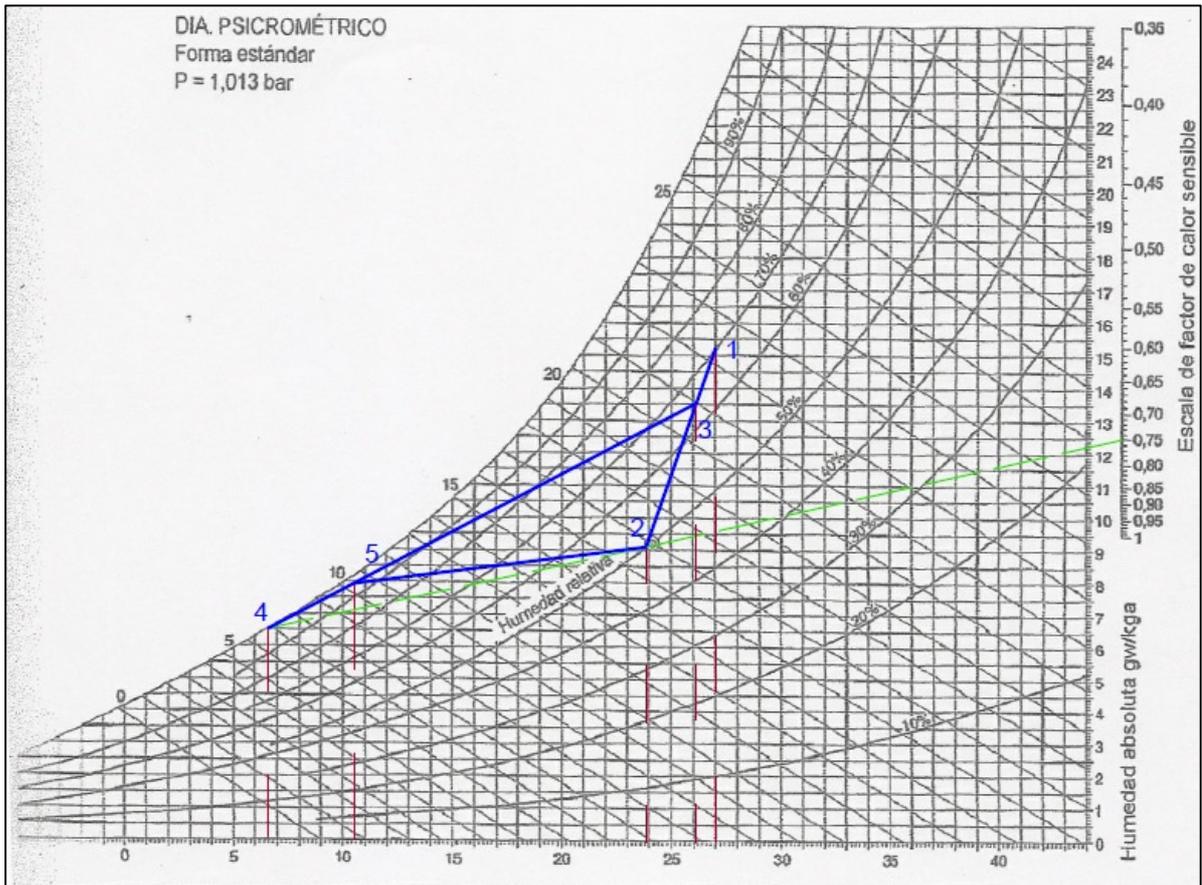
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 1.4	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	41,38
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	16,2286875
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
		Condiciones exteriores	27,2	70	15,71623577
		Condiciones interiores	24	50	9,299305116
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		1350,432387			19,31164885
Ventanas SO		0		Personas latente n x OI	1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Otros	
Pared SE AI		116,9650388		Total latente (4)	1519,311649
Pared SE Horm1		9,381486848		Suma latente efectiva (4) + (5)	1519,311649
Pared SO AI		0		10% de seguridad (6)	151,9311649
Pared SO Horm1		0		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	1671,242814
Techo		0		Total efectiva	7299,407056
Transmisión S x K x ΔT				Temperatura estado 4	7
Vidrio SE		35,86		Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	1683,830924
Vidrio SO		0		Temperatura estado 3 =t2 + (Vv/V)(t1-t2)	26,13798188
Pared interior pasillo		27,48768		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	11,78449547
Pared interior baños		0		Humedad absoluta estado 3	0,013
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,386355		Humedad absoluta estado 5	0,0085
Personas sensible n x Os		1775		Entalpía estado 3	58,75064814
Iluminación Incandescente I		450		Entalpía estado 5	33,27304632
Fluorescente 1,25 I		90		Potencia en W	7299,407056
Otros ordenador		50		FCS	0,771044031
Total sensible		5116,512948			
Suma sensible efectiva		5116,512948			
10% de seguridad		511,6512948			
Total sensible efectiva		5628,164242			

Tabla 21: Cálculo de refrigeración aula 1.4

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,815	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0	41,38			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador	1	50				

Tabla 22 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 6 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 1.4



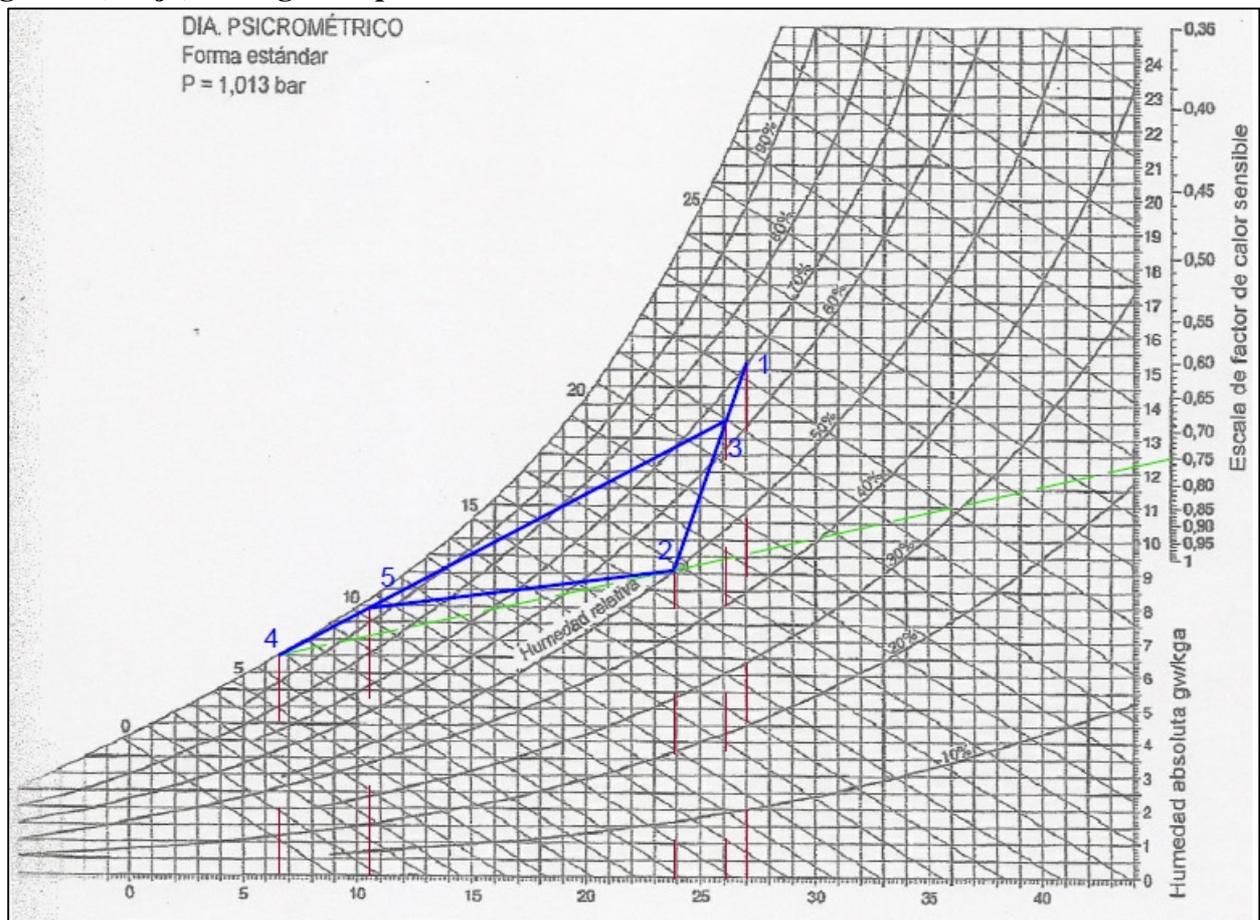
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 1.5	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	48,96
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	15,91207875
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		1324,086528		Personas latente n x Oi	19,31164885
Ventanas SO		0		Otros	1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Total latente (4)	
Pared SE AI		116,9650388		Suma latente efectiva (4) + (5)	1519,311649
Pared SE Horm1		9,381486848		10% de seguridad (6)	151,9311649
Pared SO AI		0		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	1671,242814
Pared SO Horm1		0		Total efectiva	7269,287372
Techo		0		Temperatura estado 4	7
Transmisión S x K x ΔT				Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	
Vidrio SE		35,1604		Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)	1676,8829
Vidrio SO		0		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	26,14684043
Pared interior pasillo		27,48768		Humedad absoluta estado 3	11,78671011
Pared interior baños		0		Humedad absoluta estado 5	0,013
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,050283		Entalpía estado 3	0,0085
Personas sensible n x Os		1775		Entalpía estado 5	58,75954213
Iluminación				Potencia en W	33,27530483
Incandescente l		450			7269,287372
Fluorescente 1,25 l		90			
Otros ordenador		0		FCS	0,770095371
		50			
Total sensible		5089,131416			
Suma sensible efectiva		5089,131416			
10% de seguridad		508,9131416			
Total sensible efectiva		5598,044558			

Tabla 23: Cálculo de refrigeración aula 1.5

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
					1,55	
Techo	0	48,96			0,44	7,2246758
Suelo	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0,15	31,36			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador	1	50				

Tabla 24 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 7 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 1.5



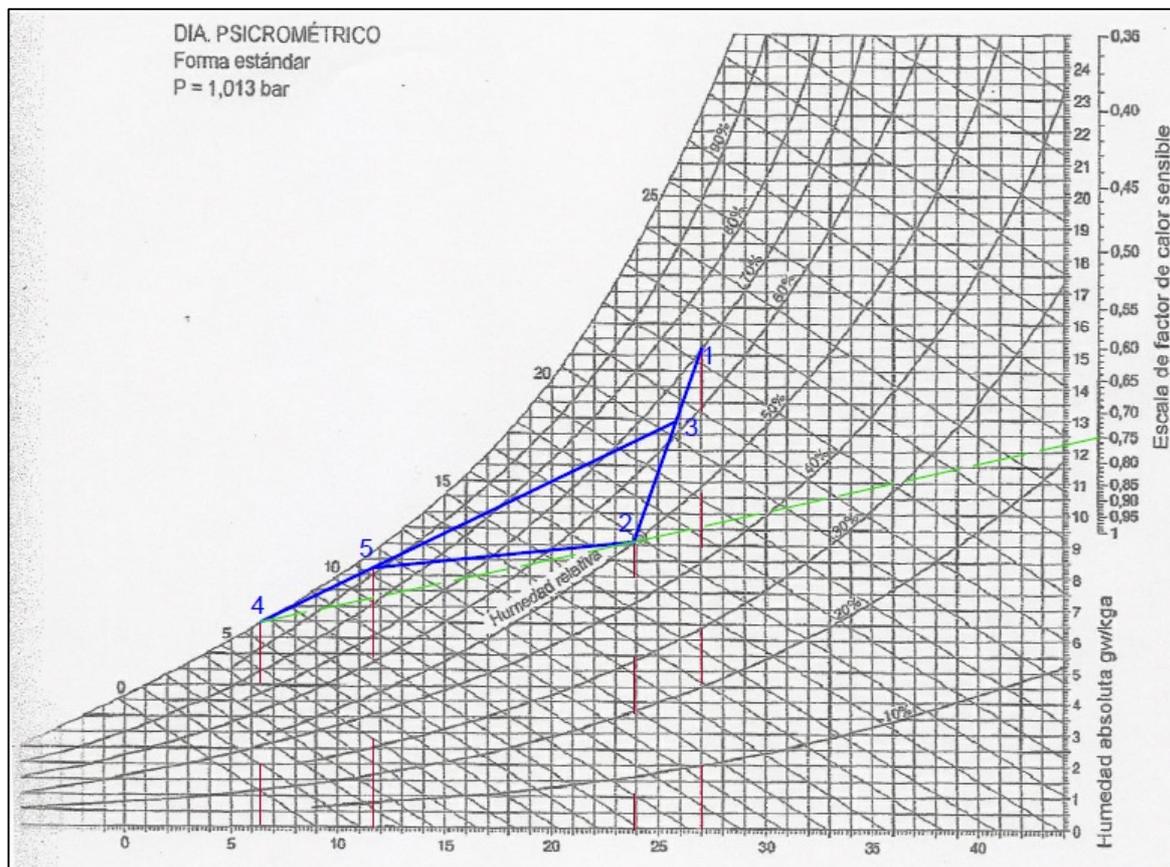
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 2.1	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	90,57
Personas	50	Potencia de iluminación	50 W	Infiltraciones	38,188989
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f		Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW			
Ventanas SE		2654,965406	Personas latente n x OI		19,31164885
Ventanas SO		523,2747092			3000
Radiación y transmisión S x K x Dteq		Otros			
Pared SE AI		233,9300777	Total latente (4)		3019,311649
Pared SE Horm1		18,7629737			
Pared SO AI		67,57194227	Suma latente efectiva (4) + (5)		3019,311649
Pared SO Horm1		2,617772099	10% de seguridad (6)		301,9311649
Techo		287,9091104	Total latente efectiva (4) + (5) + (6)		3321,242814
Transmisión S x K x ΔT		Temperatura estado 4		15494,5501	
Vidrio SE		70,3208	Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)		6,1
Vidrio SO		14,06416	Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)		3394,577742
Pared interior pasillo		54,97536	Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)		26,12102964
Pared interior baños		51,894	Humedad absoluta estado 3		11,10525741
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		2428,856678	Humedad absoluta estado 5		0,013
Personas sensible n x Os		3550	Entalpía estado 3		0,0084
Iluminación Incandescente I		900	Entalpía estado 5		58,7336281
Fluorescente 1,25 I		157,5	Potencia en W		32,32822698
Otros ordenador		50	FCS		15494,5501
Total sensible		11066,64299			0,785650904
Suma sensible efectiva		11066,64299			
10 % de seguridad		1106,664299			
Total sensible efectiva		12173,30729			

Tabla 25: Cálculo de refrigeración aula 2.1

Fachada SE	Cantidad/espesor	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	10	0,7991	519	332,2444508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	34,91			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	3,275			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	2	0,7991	513	327,4150352	2,75	
Pared Aluminio	0,12	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0,12	0,544			0,57	8,442247482
Pared interior baños						
Techo	0,38	90,57			0,44	7,2246758
Suelo	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Hormigón	1	10,24			1,55	13,5
Pared Hormigón	1	31,36			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	48,224			0,57	5,33
Fachada SO						
Pared Hormigón	1	19,232			0,57	10,578
Ganancias	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	50	71	60			
Alumbrado Fluor	7	18				
Alumbrado Incan	18	50				
Ordenador	1	50				

Tabla 26 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

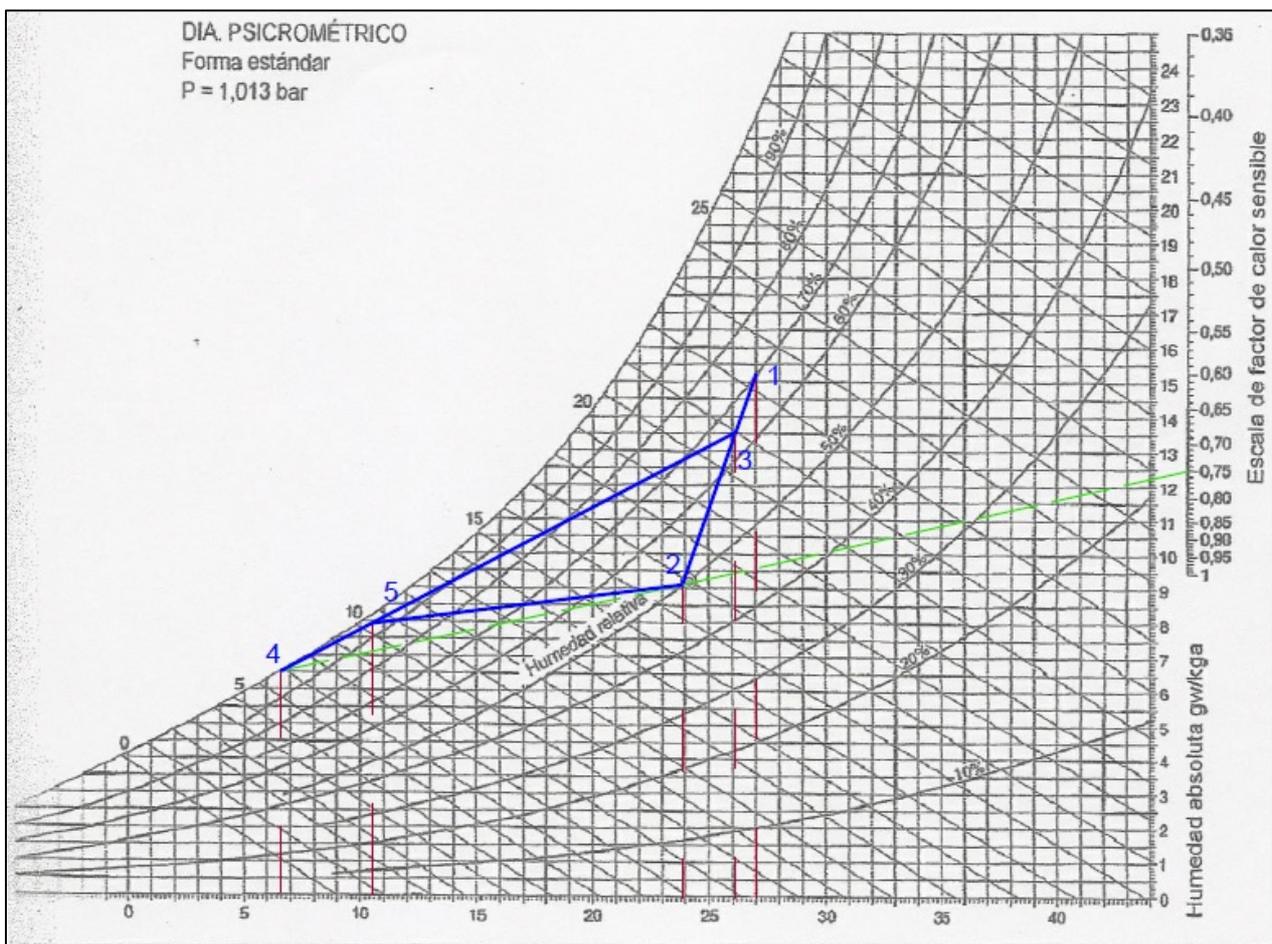
Figura 8 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 2.1



Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0,38	45			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
					1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
Personas	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Alumbrado Fluor	25	71	60			
Alumbrado Incan	4	18				
	9	50				
Ordenador						
	1	50				

Tabla 28 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 9 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 2.2

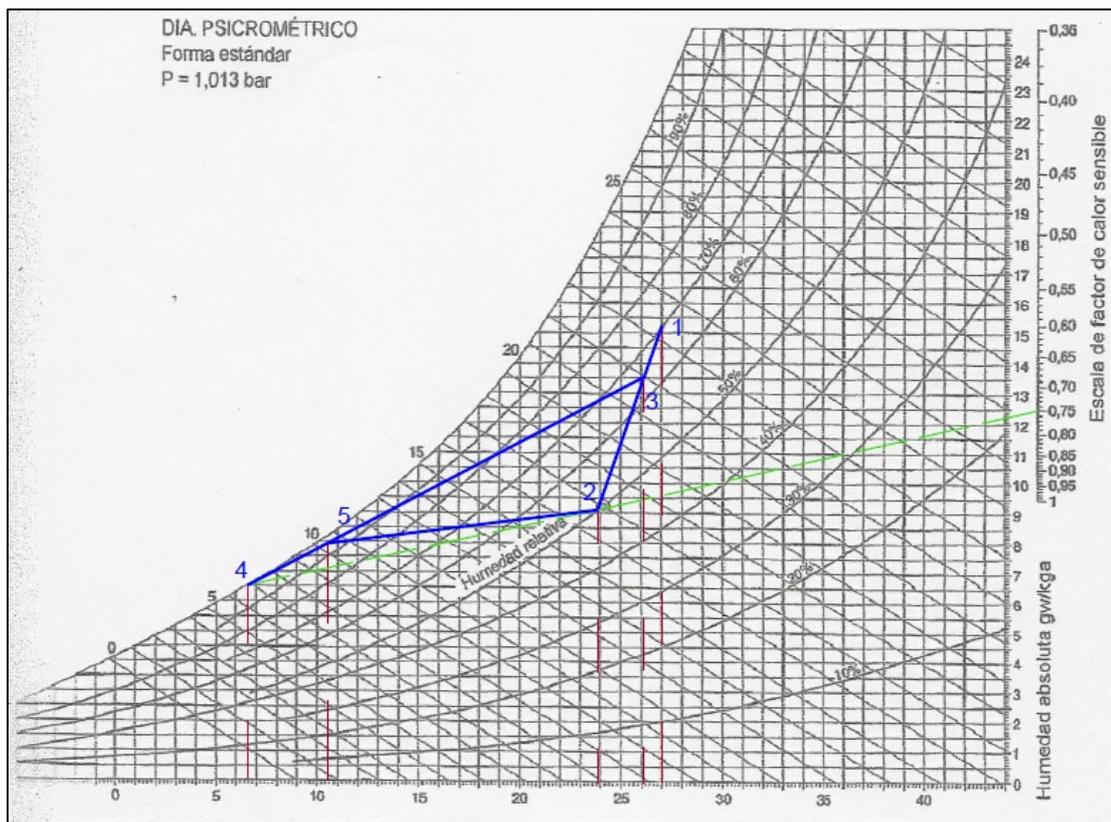


Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 2.3	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	46,84
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	15,91207875
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		1324,086528		Personas latente n x Oi	5,416148829
Ventanas SO		0		Otros	1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Total latente (4)	
Pared SE Al		116,9650388		Suma latente efectiva (4) + (5)	1505,416149
Pared SE Horm1		9,381486848		10% de seguridad (6)	150,5416149
Pared SO Al		0		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	1655,957764
Pared SO Horm1		0		Total efectiva	7417,789768
Techo		148,8976784		Temperatura estado 4	8
Transmisión S x K x ΔT				Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	
Vidrio SE		35,1604		Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)	1818,085727
Vidrio SO		0		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	25,98010465
Pared interior pasillo		27,48768		Humedad absoluta estado 3	0,013
Pared interior baños		0		Humedad absoluta estado 5	0,0083
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,050283		Entalpía estado 3	58,59213941
Personas sensible n x Os		1775		Entalpía estado 5	33,49288448
Iluminación				Potencia en W	
Incandescente I		450			7417,789768
Fluorescente 1,25 I		90			
Otros ordenador		50		FCS	0,776758601
Total sensible		5238,029095			
Suma sensible efectiva		5238,029095			
10 % de seguridad		523,8029095			
Total sensible efectiva		5761,832004			

Tabla 29: Cálculo de refrigeración aula 2.3

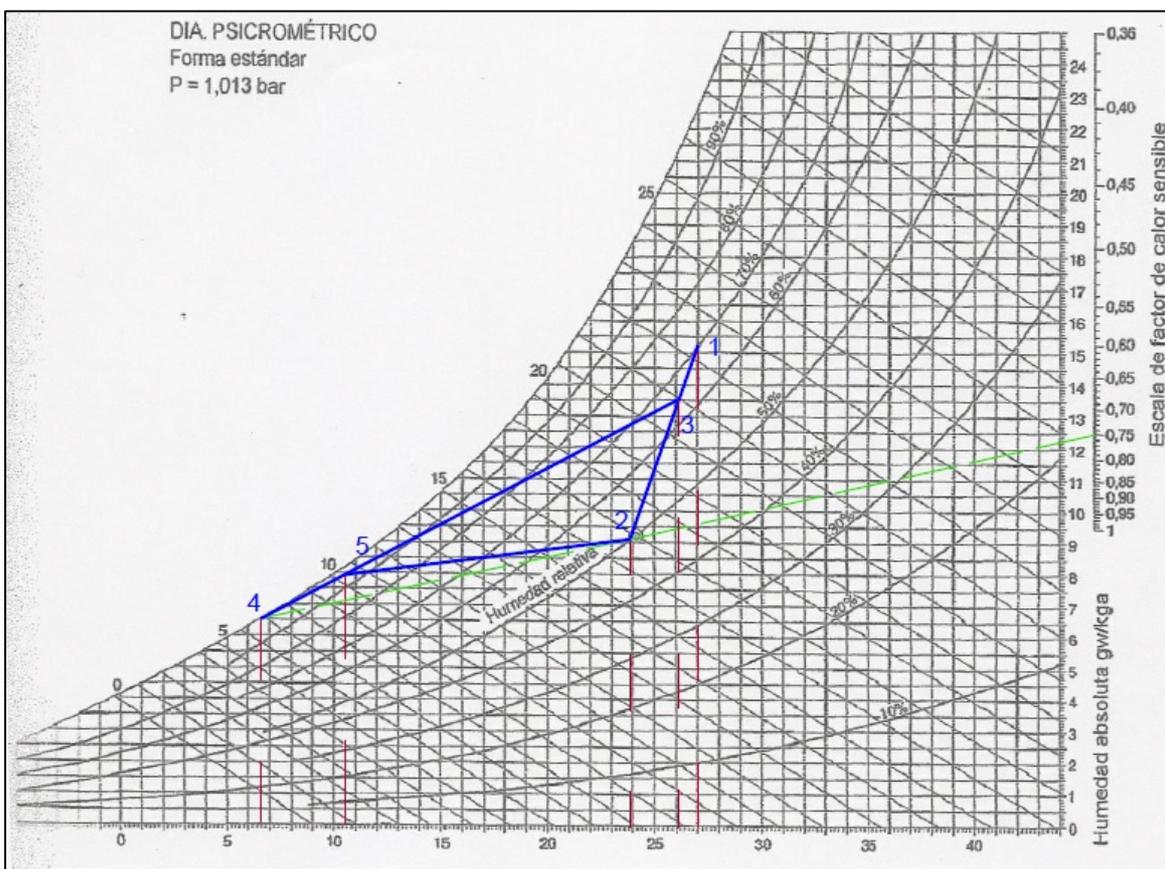
Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0,38	46,84			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador						
	1	50				

Tabla 30 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas. Figura 10 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 2.3



Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0,38	41,38			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0	0			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
Personas	25		71	60		
Alumbrado Fluor	4		18			
Alumbrado Incan	9		50			
Ordenador	1		50			

Tabla 32 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas. Figura 11 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 2.4



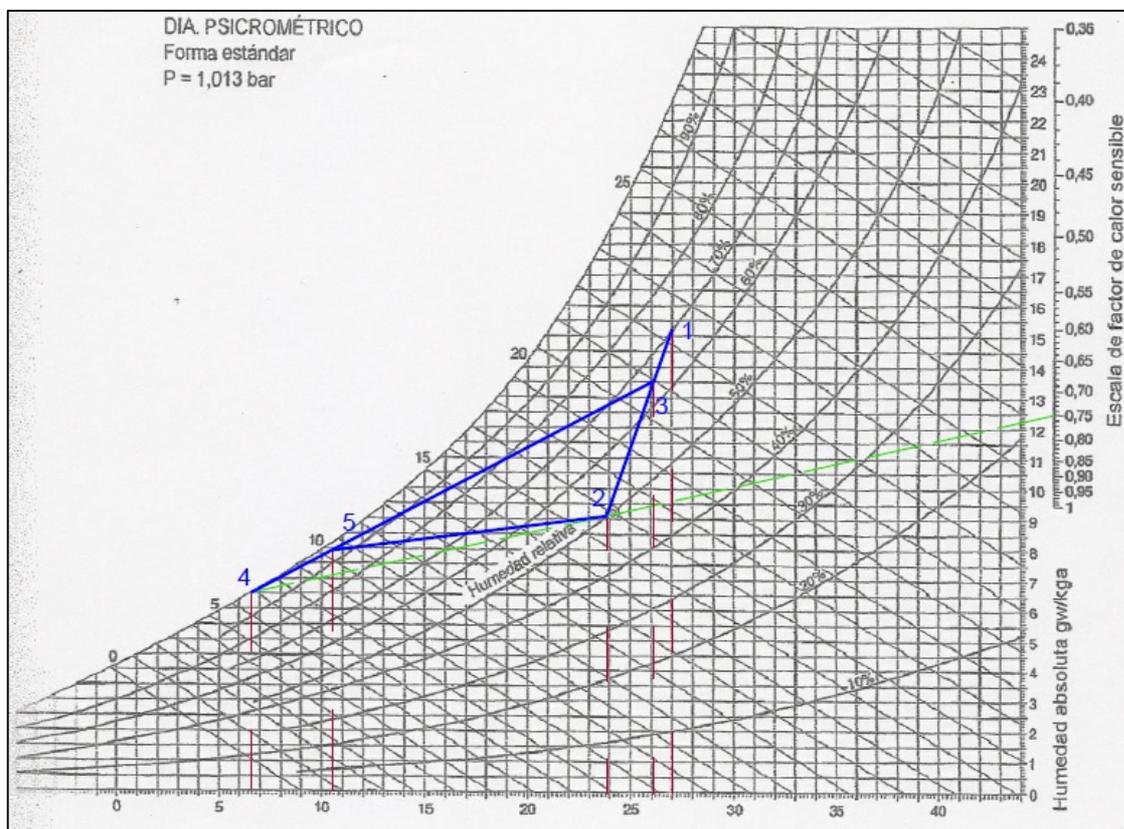
Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Aula 2.5	Fecha	09/06/2015	Superficie (m ²)	48,96
Personas	25	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	15,91207875
Ventilación(m ³ /h)	45				
		Temp °C Verano	HR (%)	HA (gw/Kga)	
Condiciones exteriores		27,2	70	15,71623577	
Condiciones interiores		24	50	9,299305116	
Radiación solar S x R x f				Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW	
Ventanas SE		1324,086528		Personas latente n x Oi	5,416148829
Ventanas SO		0		Otros	1500
Radiación y transmisión S x K x Dteq				Total latente (4)	
Pared SE Al		116,9650388		Suma latente efectiva (4) + (5)	1505,416149
Pared SE Horm1		9,381486848		10% de seguridad (6)	150,5416149
Pared SO Al		0		Total latente efectiva (4) + (5) + (6)	1655,957764
Pared SO Horm1		0		Total efectiva	7425,202863
Techo		155,636856		Temperatura estado 4	7
Transmisión S x K x ΔT				Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)	
Vidrio SE		35,1604		Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)	1712,849565
Vidrio SO		0		Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)	26,10176076
Pared interior pasillo		27,48768		Humedad absoluta estado 3	11,77544019
Pared interior baños		0		Humedad absoluta estado 5	0,0132
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		1211,050283		Entalpía estado 3	0,0083
Personas sensible n x Os		1775		Entalpía estado 5	59,21441189
Iluminación				Potencia en W	32,7593112
Incandescente I		450			7425,202863
Fluorescente 1,25 I		90			
Otros ordenador		50		FCS	0,776981479
		0			
Total sensible		5244,768272			
Suma sensible efectiva		5244,768272			
10 % de seguridad		524,4768272			
Total sensible efectiva		5769,2451			

Tabla 33: Cálculo de refrigeración aula 2.5

Fachada SE	Cantidad	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	5	0,7991	519	331,3944508	2,75	
Pared Aluminio	0,12	17,455			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0,12	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada SO						
Ventanas	0	0,7991	513	49,11225528	2,75	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0	0,544			0,57	8,442247482
Techo						
	0,38	48,96			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	1	90,57			0,44	0,62
Fachada NE						
Pared Madera	0	0			1,55	13,5
Pared Hormigón	0,15	31,36			0,57	13,5
Fachada NO						
Pared Hormigón	0,15	24,112			0,57	5,33
puertas	2	1,76			1,98	
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias						
	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	25	71	60			
Alumbrado Fluor	4	18				
Alumbrado Incan	9	50				
Ordenador						
	1	50				

Tabla 34 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.

Figura 12 (abajo) : Diagrama psicrométrico aula 2.5

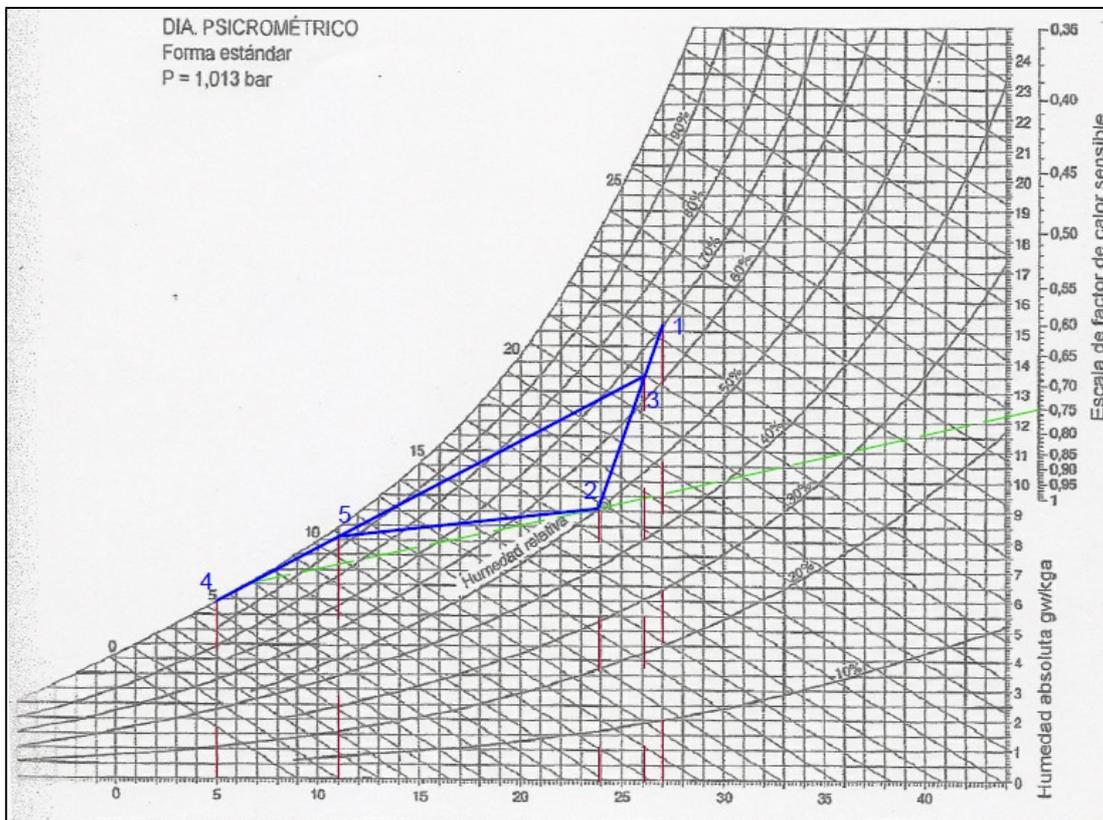


Cálculo de la carga de refrigeración					
Local	Salón de actos	Fecha	09/06/2015	Superficie	279,27
Personas	390	Potencia de iluminación	50 W/m ²	Infiltraciones	158,3242875
Ventilación(m ³ /h)	28,8				
		Temp °C Verano	27,2	HR (%)	70
		Temp °C Verano	24	HR (%)	50
		HA (gw/Kga)	15,71623577	HA (gw/Kga)	9,299305116
Punto de rocío	Nivel del mar	atmosfera	tipo de marco	Tipo vidrio	Persiana interior
0,9776	1	0,9	1,17	0,62	0,25
Radiación solar S x R x f			Infiltraciones latente 0,83 Vi ΔW		
Ventanas SE		1306,713086			54,07225737
Ventanas SO		0	Personas latente n x OI		23400
Radiación y transmisión S x K x Dteq			Otros		
Pared NE AI		159,9516171	Total latente (4)		23454,07226
Pared NE Horm1		9,381486848			
Pared NO AI		0	Suma latente efectiva (4) + (5)		23454,07226
Pared NO Horm1		0	10% de seguridad (6)		2345,407226
Techo		887,7594927	Total latente efectiva (4) + (5) + (6)		25799,47948
			Total efectiva		80928,36042
			Temperatura estado 4		5
			Aire suministro: V= Qes/ 0,34 (1-f) (t2-t4)		
Transmisión S x K x ΔT					16703,47996
Vidrio NE		699,688	Temperatura estado 3 t3=t2 + (Vv/V)(t1-t2)		
Vidrio NO		0			26,15179113
Pared interior pasillo		123,12	Temperatura estado 5 t5 = t4 + f(t3 - t4)		
		0			10,28794778
			Humedad absoluta estado 3		0,013
			Humedad absoluta estado 5		0,008
			Entalpía estado 3		58,76451263
			Entalpía estado 5		30,48698424
Infiltraciones sensible 0,34 Vi ΔT		12090,5508	Potencia en W		
Personas sensible n x Os		27690			80928,36042
Iluminación					
Incandescente I		7150			
Fluorescente 1,25 I		0			
Otros ordenador		0			
Total sensible		50117,16448	FCS		0,681205954
Suma sensible efectiva		50117,16448			
10 % de seguridad		5011,716448			
Total sensible efectiva		55128,88093			

Tabla 35: Cálculo de refrigeración salón de actos

Fachada NE	Espesor	Área (m ²)	Ganancia (mes indicado) W/m ²	Ganancia parcial (W/m ²)	K (W/m ² ·°C)	DTE (°C)
Ventanas	1	79,51	103	16,43457535	2,75	
Pared Aluminio	0,1	23,87			1,55	4,323191944
Pared Hormigón1	0	1,6375			0,57	10,05114434
Fachada NO						
Ventanas	0	0,7991		0	0	
Pared Aluminio	0	6,984			1,55	6,24209643
Pared Hormigón1	0,4	100,32			0,57	8,442247482
Techo						
	0,38	279,27			1,55	
					0,44	7,2246758
Suelo						
	0	90,57			0,44	0,62
Fachada SE						
					1,55	
Pared Hormigón	0,64	100,32			0,57	13,5
Fachada SO						
Pared Hormigón	0,4	108			0,57	5,33
Fachada SO						
Pared Hormigón	0	0			0,57	10,578
Ganancias	Cantidad	Sensible (W)	Latente (W)			
Personas	390	71	60			
Alumbrado Fluor	0	18				
Alumbrado Incan	143	50				
Ordenador	0	50				

Tabla 36 (arriba): Conjunto de datos necesarios para la realización del cálculo de cargas térmicas.
 Figura 13 (abajo) : Diagrama psicrométrico salón de actos.



3.7.1 Resultados finales

El resumen detallado de las potencias de refrigeración necesarias se establece en la siguiente tabla:

Local	Superficie (m²)	Ocupación (personas)	Potencia Frigorífica (W)
Aula 1.1	90,57	50	15170,37
Aula 1.2	45	25	7269,29
Aula 1.3	46,84	25	7289,94
Aula 1.1	41,38	25	7299,41
Aula 1.1	48,96	25	7269,29
Aula 2.1	90,57	50	15494,55
Aula 2.2	45	25	7411,356
Aula 2.3	46,84	25	7417,79
Aula 2.4	41,38	25	7398,70
Aula 2.5	48,96	25	7425,20
Salón de actos	279,27	390	80928,40

Tabla 37: Resultados finales de cargas térmicas

3.8 Cálculo de los conductos de ventilación:

Las redes de conductos dentro de una instalación de climatización son necesarias para distribuir el aire, previamente tratado, y así climatizar el caudal de aire necesario para mantener la calidad de aire y confort térmico en el salón de actos.

3.8.1 Consideraciones iniciales:

Para el cálculo y dimensionamiento de una red de conductos intervienen distintos factores, que seguidamente se detallan.

- 1.- Caudal que debe circular por el conducto.
- 2.- Velocidad de circulación del fluido por el interior del conducto que se puede clasificar como:
 - Velocidad baja, hasta 11 m/s
 - Velocidad elevada, superior a 11m/s
- 3.- Pérdida de carga del fluido al circular por el conducto y debido a accidentes.

Este parámetro es importante, ya que en una red de conductos, se debe disponer de un impulsor que sea capaz de aportar la suficiente carga para lograr que el fluido circule correctamente por el conducto.

a) Pérdida de carga por circulación por el conducto. Al circular un fluido por el interior de un conducto se genera pérdidas de carga por rozamiento y fricciones. Este valor se evalúa linealmente y depende de factores como la rugosidad del conducto, si el material es nuevo, limpieza del mismo, etc.

b) Pérdida de carga debido a accidentes. Son las pérdidas que experimenta el fluido al obligarlo a realizar giros, cambios de sección, derivaciones, etc. También se obtiene una pérdida de carga en los elementos finales de distribución del aire.

Todas las pérdidas de carga deben sumarse y este será un factor determinante al elegir un tipo de unidad.

Debe distinguirse varios tipos de conductos según la función que realicen:

1.- Conductos para la impulsión. Estos serán los encargados de distribuir el aire tratado térmicamente, desde la unidad de impulsión, hasta el local al climatizar

Es en este tipo de conductos donde se debe tener el máximo control sobre los aspectos explicados anteriormente.

2.- Conductos de retorno, se utilizan para realizar el retorno del aire desde el local que se climatiza hasta la unidad de tratamiento del aire. Estas redes suelen ser menores que las de impulsión ya que los aspectos que anteriormente se citaban recogen menos importancia.

Aparte de lo explicado hasta el momento una red de conductos debe cumplir:

- El ruido que genera el aire al circular por los conductos, no debe superar los límites que se establecen por normativa. Este factor está directamente relacionado con la velocidad de circulación del aire.
- Debe ser estanco y se debe evitar que fluido se licue en los distintos cambios de sección, de dirección, etc.
- Debe dimensionarse correctamente los elementos finales, rejillas de impulsión, este factor además puede provocar ruidos que deben evitarse.
- El conducto debe estar aislado, evitando así pérdidas de carga térmica innecesarias.

3.8.2 Método de cálculo

Teniendo en cuenta todos los factores anteriormente citados, conseguimos dimensionar la red de conductos correctamente aplicando el método de igual fricción para el desarrollo del cálculo. Para ello suponemos que existe la misma pérdida de carga para todos los tramos que componen nuestro sistema inicial de diseño de conductos.

Además, debemos tener en cuenta que la diferencia entre un tramo y un ramal:

-Los tramos van de mayor dimensión al principio a menor al final, no podemos pasar de un tramo 1-2 a otro tramo de dimensiones mayores en el tramo 2-3.

-Los ramales unen los tramos de los conductos con las rejillas/difusores de impulsión/extracción.

Las redes de conductos se calculan por el método de pérdida de carga por fricción constante. Dichas pérdidas son debidas a la fricción simple del aire en el propio conducto, a los cambios de dirección, a los cambios de sección y a los accesorios instalados. Para determinar estas pérdidas se usa la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$\Delta_p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \varphi$$

Donde;

Δ_p : La caída de presión en Pa

f = factor de rozamiento adimensional

L: Longitud del conducto en m

D: Diámetro en m

c: velocidad en m/s

ρ : densidad en Kg/m³

El factor de rozamiento, f, viene dado por la ecuación de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right]$$

Donde;

ϵ : la rugosidad absoluta del material en m

Re: número de Reynolds ($Re=c \cdot D \cdot \rho/\mu$)

μ : Viscosidad cinemática

Como de la ecuación de Colebrook no se permite despejar el factor de rozamiento, el cálculo preciso de la pérdida de carga resulta laborioso. Sin embargo, se puede simplificar utilizando las ecuaciones aproximadas adaptadas. Para conductos de aire, dentro de condiciones usuales de trabajo de los sistemas de climatización, se utilizará la ecuación

$$\Delta_p = 0,15r \cdot \left(\frac{L}{D^{1,22}} \right) \cdot c^{1,82}$$

Donde;

Δ_p : Pérdida de carga en Pa

r: rugosidad de la superficie interior en mm (0,09 para el caso del acero)

L: Longitud del conducto en m

D: Diámetro del conducto circular en m

c: velocidad del aire en m/s

Esta ecuación será la utilizada para realizar el cálculo de pérdidas de carga en los diferentes tramos y derivaciones. Los valores máximos de velocidad se obtendrán de la siguiente tabla.

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos; Dormitorios de hotel; Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares; Despachos de directores; Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas; Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría; Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios de categoría media; Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

Tabla 38: Velocidades máximas recomendadas para conductos

Para conocer el valor de los diámetros de cada tramo equivalente se acudiría a la tabla n , donde se establecen los diámetro equivalentes para conductos rectangulares que serán los instalados en el salón de actos.

Medidas del conducto	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
100	109	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
150	133	164	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
200	152	189	219	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
250	169	210	244	273	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
300	183	229	266	299	328	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
350	195	245	286	322	354	383	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
400	207	260	305	343	378	409	437	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
450	217	274	321	363	400	433	464	492	---	---	---	---	---	---	---	---	---
500	227	287	337	381	420	455	488	518	547	---	---	---	---	---	---	---	---
550	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	---	---	---	---	---	---	---
600	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	---	---	---	---	---	---
650	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	---	---	---	---	---
700	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	---	---	---	---
750	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	---	---	---
800	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	---	---
900	---	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	---
1000	---	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093
1100	---	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146
1200	---	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1196
1300	---	---	506	577	642	701	757	808	857	904	945	990	1031	1069	1107	1177	1244
1400	---	---	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289
1500	---	---	536	612	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332
1600	---	---	551	629	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1373
1700	---	---	---	644	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413
1800	---	---	---	660	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451
1900	---	---	---	674	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488
2000	---	---	---	688	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523
2100	---	---	---	---	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	1558
2200	---	---	---	---	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	1591
2300	---	---	---	---	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	1623
2400	---	---	---	---	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	1655
2500	---	---	---	---	---	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589	1685
2600	---	---	---	---	---	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	1715
2700	---	---	---	---	---	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	1744
2800	---	---	---	---	---	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	1772
2900	---	---	---	---	---	---	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	1800
3000	---	---	---	---	---	---	1076	1154	1228	1299	1366	1431	1494	1555	1613	1725	1831

Tabla 39: Diámetro equivalentes en conductos rectangulares.

Para los conductos de climatización en el salón de actos, se ha optado por una sección rectangular puesto que esta solución permite regular su altura a la estructura metálica anclada al techo. Una vez escogida la sección se calcula la velocidad a la que circula el aire por el conducto y la pérdida real correspondiente a la sección considerada. El tamaño del ducto principal queda establecido conociendo el caudal que circula por el mismo.

3.8.3 Resultados del cálculo

A continuación se muestran las tablas de cálculo utilizadas para dimensionar los conductos de impulsión y retorno. La distribución y dimensiones quedan detalladas en el plano 5.

CÁLCULO DE CONDUCTO DE IMPULSIÓN														
Tramo	Ramal	Q	L eq.	L/Q	Vcalc	Vselec	Δ P tramo	Δ P acum	S.cálculo	S.real	Dimensiones		Dimensiones	
		m ³ /h	m		m/s	m/s	mmca	mmca	m ²	m ²			Φ mm	
0-V		18000	8		10,0	7,4	0,43	0,43	0,50	0,68	850	x	850	929
V-1		18000	5,5		7,0	7,4	0,30	0,30	0,71	0,68	850	x	850	929
	1	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	3,11		0,12	350	x	350	383
1-2		15750	1,6	0,02		7,3	0,02	0,32		0,60	800	x	800	875
	2	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	3,13		0,12	350	x	350	383
2-3		13500	1,6	0,02		7,1	-0,03	0,27		0,53	750	x	750	820
	3	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	3,08		0,12	350	x	350	383
3-4		11250	1,6	0,02		6,8	-0,11	0,17		0,46	700	x	700	765
	4	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	2,98		0,12	350	x	350	383
4-5		9000	1,6	0,03		6,3	-0,22	-0,05		0,40	650	x	650	711
	5	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	2,76		0,12	350	x	350	383
5-6		6750	1,6	0,03		6,1	-0,04	-0,09		0,31	600	x	550	628
	6	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	2,72		0,12	350	x	350	383
6-7		4500	1,6	0,04		5,9	0,05	-0,04		0,21	500	x	450	518
	7	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	2,77		0,12	350	x	350	383
7-8		2250	1,6	0,07		5,4	-0,12	-0,16		0,12	350	x	350	383
	8	2250	0,5		3,0	5,4	2,81	2,65		0,12	350	x	350	383

Tabla 40: Cálculo del conducto de impulsión.

CÁLCULO CONDUCTO DE RETORNO													
Tramo	Ramal	Q	L eq	V	ΔP unit	ΔP total	ΔP acum	Sección	Sección ramal	Dimensiones		Dimensiones	
		m ³ /h	m	m/s	mmca/m	mmca	mmca	m ²	m ²		x		Φ mm
E-1		18000	18,2	8,3	0,07	1,27	1,27	0,60		800	x	800	875
	1	2250	0,5	5,4		2,76	4,03	0,12		350	x	350	383
1-2		15750	1,87	8,3	0,08	0,15	1,42	0,53		750	x	750	820
	2	2250	0,5	5,4		2,76	4,18	0,12		350	x	350	383
2-3		13500	1,87	8,2	0,08	0,15	1,57	0,46		700	x	700	765
	3	2250	0,5	5,4		2,76	4,33	0,12		350	x	350	383
3-4		11250	1,87	7,9	0,08	0,15	1,72	0,40		650	x	650	711
	4	2250	0,5	5,4		2,76	4,48	0,12		350	x	350	383
4-5		9000	1,87	7,4	0,08	0,15	1,87	0,34		600	x	600	656
	5	2250	0,5	5,4		2,76	4,63	0,12		350	x	350	383
5-6		6750	1,87	7,3	0,10	0,19	2,06	0,26		550	x	500	573
	6	2250	0,5	5,4		2,76	4,82	0,12		350	x	350	383
6-7		4500	1,87	6,6	0,10	0,19	2,25	0,19		450	x	450	492
	7	2250	0,5	5,4		2,76	5,01	0,12		350	x	350	383
7-8		2250	1,87	5,4	0,09	0,17	2,41	0,12		350	x	350	383
	8	2250	0,5	5,4		2,76	5,17	0,12		350	x	350	383
v-ex		18000	8	8,3	0,07	0,56	0,56	0,60		800	x	800	875

Tabla 41: Cálculo del conducto de retorno.

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Anexo II: Cálculos eléctricos

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Anexo II

Anexo II: Cálculos eléctricos

3.9 Potencia total de la instalación.....	120
3.10 Cálculo de los conductores.....	120
3.11 Elección de tubos de protección y toma de tierra.....	123

3.9 Potencia total de la instalación

La previsión de carga se realiza considerando los receptores de los que estará dotada la instalación. En las siguientes tablas se muestran los receptores y la potencia prevista para cada uno de ellos:

Equipos Interiores	Potencia (W)
Evaporadores Aulas 1.1 y 2.1	9400
Evaporadores Aulas 1.2 y 2.2	4700
Evaporadores Aulas 1.3 y 2.3	4700
Evaporadores Aulas 1.4 y 2.4	4700
Evaporadores Aulas 1.5 y 2.5	4700
Total	28200

Tabla 1: Potencias eléctricas de los equipos interiores

Equipos exteriores	Potencia (W)
Condensadores Aulas 1.1 y 2.1	9000
Condensador Aulas 1.2 y 1.3	4500
Condensador Aulas 1.4 y 1.5	4500
Condensador Aulas 2.2 y 2.3	4500
Condensador Aulas 2.4 y 2.5	4500
Enfriadora de agua	27000
Unidad de tratamiento de aire (UTA)	45700
Total	99700

Tabla 2: Potencias eléctricas de los equipos exteriores en cubierta

3.10 Cálculo de los conductores

Una vez hemos definido las diferentes potencias previstas para los diferentes receptores de la instalación, debemos calcular el valor de las secciones de los cables necesarios para alimentarlos. Se recurrirá para ello a los métodos que a continuación se definen:

- Método de intensidad: Se calculará el valor de la intensidad que circula por cada conductor necesario para alimentar los receptores, obteniendo el valor de la sección del cable en función del tipo de aislamiento de la tabla 1 del ITC-BT-19.
- Método de caída de tensión: Se calculará el valor de la sección del cable en función de la caída de tensión mayor admisible según la ITC-BT-19, donde se determina que la sección de los conductores a utilizar será menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Por lo que utilizaremos el valor del 5% de caída de tensión máxima entre cualquier punto de nuestra instalación.

Para el cálculo de la intensidad que circulará por los conductores utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Monofásica

$$I = \frac{P}{V * \text{COS } \phi}$$

- Trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{COS } \phi}$$

Donde;

P = potencia de cálculo de la línea (W)

V = tensión simple fase-neutro (V)

Cos ϕ = factor de potencia

Los valores utilizados para el cálculo serán los siguientes:

- Potencia: La característica de cada receptor.
- Tensión
 - Monofásico → 230 V

- Trifásico \rightarrow 400 V

- $\cos \phi$
 - Para los receptores \rightarrow 0.9

Mientras que para el cálculo de la sección por el método de caída de tensión, utilizaremos la siguiente fórmula:

- Monofásico

$$S = \frac{2 * P * L}{C * e * U}$$

- Trifásico

$$S = \frac{P * L}{C * e * U}$$

Donde;

P = potencia de cálculo de la línea (W)

L = longitud del receptor más alejado (m)

C = conductividad del cable (44)

e = caída de tensión máxima definida por la norma (5%)

U = tensión (V)

- Conductividad del cable (C)

Los valores para la conductividad del cable vendrán en la siguiente tabla en función del tipo de cable y la temperatura máxima de trabajo de estos.

Material	C ₂₀	C ₄₀	C ₇₀	C ₉₀
Cobre	56	52	48	44
Aluminio	35	32	30	28
temperatura	20°C	40°C	70°C	90°C

Tabla 3: Conductividad del cable

El detalle de los cálculos realizados se muestra a continuación en la tabla 4:

Receptores	Long m	Longitud Km	Potencia unitaria (W)	Intensidad (A)	Criterio Intensidad (mm ²)	Sección por caída de tensión(mm ²)	Sección final (mm ²)	Caída de tensión (%)	Intensidad máxima del cable (A)
Evaporador 1.1.1	46,48	0,04648	2350	11,352657	1,5	1,470138677	2,5	3,44134	21
Evaporador 1.1.2	39,98	0,03998	2350	11,352657	1,5	1,264546994	2,5	2,96008	21
Evaporador 1.2	33,48	0,03348	2350	11,352657	1,5	1,058955312	2,5	2,47883	21
Evaporador 1.3	26,98	0,02698	2350	11,352657	1,5	0,853363629	2,5	1,99757	21
Evaporador 1.4	20,48	0,02048	2350	11,352657	1,5	0,647771947	2,5	1,51632	21
Evaporador 1.5	13,98	0,01398	2350	11,352657	1,5	0,442180265	2,5	1,03507	21
Evaporador 2.1.1	42,86	0,04286	2350	11,352657	1,5	1,355639924	2,5	3,17331	21
Evaporador 2.1.2	36,36	0,03636	2350	11,352657	1,5	1,150048242	2,5	2,69206	21
Evaporador 2.2	29,86	0,02986	2350	11,352657	1,5	0,94445656	2,5	2,21081	21
Evaporador 2.3	23,36	0,02336	2350	11,352657	1,5	0,738864877	2,5	1,72955	21
Evaporador 2.4	16,86	0,01686	2350	11,352657	1,5	0,533273195	2,5	1,2483	21
Evaporador 2.5	10,36	0,01036	2350	11,352657	1,5	0,327681512	2,5	0,76704	21
Condensador aula 1.1	5,81	0,00581	4500	21,73913043	4	0,351894896	4	0,51483	27
Condensador aula 1.2 - 1.3	5,01	0,00501	4500	21,73913043	4	0,30344121	4	0,44394	27
Condensador aula 1.4 - 1.5	4,21	0,00421	4500	21,73913043	4	0,254987524	4	0,37305	27
Condensador aula 2.1	3,41	0,00341	4500	21,73913043	4	0,206533837	4	0,30216	27
Condensador aula 2.2-2.3	2,61	0,00261	4500	21,73913043	4	0,158080151	4	0,23127	27
Condensador aula 2.4-2.5	1,81	0,00181	4500	21,73913043	4	0,109626465	4	0,16039	27
UTA	8,5	0,0035	27000	43,30127019	10	0,2102625	16	1,12978	59
Enfriadora	3,5	0,0085	45700	73,29140917	25	0,86430125	25	0,50394	77
Cuadro general a cuadro de climatización	11	0,011	127900	205,1197206	120	1,56517625	185	0,599	268

Tabla 4: Resultados de cálculo de sección de conductores

3.11 Elección de tubos de protección y toma de tierra

El criterio elegido para la elección de los tubos de protección es el detallado en la ITC-bT-21, utilizando los diámetros mínimos necesarios para la el número de cables en función de su sección.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 5: Diámetro exterior de los tubos

Mientras que para la elección de los conductores de tierra se ha seguido las preinscripciones detalladas en el ITC-BT-18, en la cual se define el valor de la sección mínima de tierra en función de la sección del conductor que alimenta el receptor.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

(*) Con un mínimo de:
 2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Tabla 6: Tomas de tierras en función de las secciones de los conductores

Por tanto, la selección final tanto de la tierra como de los tubos se detalla en la siguiente tabla:

Receptores	Sección final (mm ²)	Diámetro del tubo (mm)	Sección de tierra (mm ²)
Evaporador 1.1.1	2,5	12	2,5
Evaporador 1.1.2	2,5		
Evaporador 1.2	2,5		
Evaporador 1.3	2,5		
Evaporador 1.4	2,5		
Evaporador 1.5	2,5		
Evaporador 2.1.1	2,5		
Evaporador 2.1.2	2,5		
Evaporador 2.2	2,5		
Evaporador 2.3	2,5		
Evaporador 2.4	2,5		
Evaporador 2.5	2,5		
Condensador aula 1.1	4	16	4
Condensador aula 1.2 - 1.3	4		
Condensador aula 1.4 - 1.5	4		
Condensador aula 2.1	4		
Condensador aula 2.2-2.3	4		
Condensador aula 2.4-2.5	4		
UTA	16	32	16
Enfriadora	25	40	
Cuadro general a cuadro de climatización	185	75	--

Tabla 7: Resultados de elección de tubos y tierras

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Anexo III: Características Técnicas de los equipos

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Anexo III

Anexo III: Características técnicas de los equipos

3.12 Características técnicas de los equipos exteriores.....	127
3.13 Características técnicas de los equipos interiores.....	128
3.14 Características técnicas de la enfriadora de agua.....	129
3.15 Características técnicas de la unidad de tratamiento de aire (UTA).....	130
3.16 Características técnicas de las rejillas de impulsión/retorno.....	131

3.12 Características técnicas de los equipos exteriores

DOMÉSTICO

BOMBA DE CALOR

MINI VRV III

Unidades Exteriores con unidades Interiores de Doméstico




UNIDADES EXTERIORES MINI-VRV III				RXYSQ4P8	RXYSQ5P8	RXYSQ6P8
Capacidad nominal	Refrigeración	Nominal	W	11.200	14.000	15.500
	Calefacción			12.500	16.000	18.000
Consumo	Refrigeración	Nominal	W	2.810	3.510	4.530
	Calefacción			2.740	3.860	4.570
EER / COP				3,99 / 4,56	3,99 / 4,15	3,42 / 3,94
Etiqueta de eficiencia energética				A / A	A / A	A / A
Nº máx. de unid. interiores conectables				8	9	9
Índice de capacidad de unid. interiores conectables mín./ nom./ máx.				50 / 100 / 130	62,5 / 125 / 162,5	70 / 140 / 182
Alimentación eléctrica				V	1 / 220V	1 / 220V
Conexiones				Líquido	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")
				Gas	ø 15,9 (5/8")	ø 19,1 (3/4")
Refrigerante					R-410A	R-410A
Caudal de aire				Refrigeración	106	106
				Calefacción	102	105
Compresor				Tipo	SCROLL	SCROLL
				Cantidad	1	1
				Etapas de capacidad	31	31
Dimensiones				Alto	1.345	1.345
				Ancho	900	900
				Fondo	320	320
Peso					120,0	120,0
Presión sonora				Refrigeración	50	51
				Calefacción	52	53



• RXYSQ-P8

MODELOS	RXYSQ4P8	RXYSQ5P8	RXYSQ6P8
Precio	€ 5.800,00 €	€ 6.086,00 €	€ 7.063,00 €

Nota 1: Aplicables condiciones de descuento gama Industrial.
 Nota 2: Disponible versión trifásica (3Ø / 380v) serie PBY1 sin incremento de precio. Consultar disponibilidad.

CAJAS DE DISTRIBUCIÓN	BPMKS967A2	BPMKS967A3
Nº unidades interiores	2	3
Precio	€ 254,00 €	€ 320,00 €



CONTROLES CENTRALIZADOS	DCS302C51	DCS301B51	DST301B51	DCS601C51
Precio	€ 1.986,00 €	€ 991,00 €	€ 991,00 €	€ 1.986,00 €

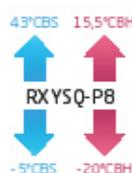
Nota: Dependiendo del modelo de la unidad interior, puede que sea necesaria una tarjeta opcional de comunicación con el centralizado. Ver siguiente tabla.

TARJETAS CONEXIÓN CONTROLES CENTRALIZADOS	FTXS ⁹ , FVXS, FLXS, FDXS	FDBQ, FFO, FHQ
KRP928A25 (Unidades Doméstico)	Precio € 404,00 €	-
DTA112851 (Unidades Sky Air)	Precio € -	€ 227,00 €

(1): las unidades interiores CTXS15K, CTXS25K, FTXS20K y FTXS25K necesitan también la tarjeta KRP980A1

PARA COMBINAR CON JUNTA REFNET	KHRQ22M20T
Precio	€ 144,00 €

Nota: Si la unidad exterior se encuentra en una posición inferior a las unidades interiores la diferencia de nivel máxima es de 40m



NOTA
 Las capacidades de refrigeración nominales se basan en: temperatura interior: 27°CBS, 19°CBH; temperatura exterior: 35°CBS; tubería refrigerante equivalente: 7,5m; diferencia de nivel: 0m

Las capacidades de calefacción nominales se basan en: temperatura interior: 20°CBS; temperatura exterior: 7°CBS, 6°CBH; tubería refrigerante equivalente: 7,5m; diferencia de nivel: 0m

La medición del nivel sonoro se realiza en una cámara semi-anechoica.

Nota: Si la unidad exterior se encuentra en una posición inferior a las unidades interiores la diferencia de nivel máxima es de 40m.



UNIDADES INTERIORES COMPATIBLES

• Unidades Interiores de Doméstico:

Las siguientes unidades interiores de doméstico se conectan a través de la caja BPMK

CUADRO UNIDADES INTERIORES COMPATIBLES	15	20	25	35	42	50	60	71
Daikin Emura (pared)	--	--	FTXG25LW/S	FTXG35LW/S	--	FTXG50LW/S	--	--
Unidades de pared serie K / G	CTXS15K	FTXS20K	FTXS25K	CDXS35K/FTXS35K	FTXS42K	FTXS50K	FTXS60G	FTXS71G
Nexura (suelo)	--	--	FVXS25K	FVXS35K	--	FVXS50K	--	--
Unidades de suelo	--	--	FVXS25F	FVXS35F	--	FVXS50F	--	--
Unidades de suelo-techo	--	--	FLXS25B	FLXS35B	--	FLXS50B	FLXS60B	--
Unidades de conductos bajo silueta	--	--	FDXS25F	FDXS35F	--	FDXS50F	FDXS60F	--
Unidades de conductos FBQ-CB	--	--	FBQ25CB	FBQ35CB	--	FBQ50CB	FBQ60CB	--
Unidades de conductos FDBQ-B	--	--	FDBQ25B	FDBQ35B	--	FDBQ50B	FDBQ60B	--
Unidades de cassette integrado	--	--	FFQ25C	FFQ35C	--	FFQ50C	FFQ60C	--
Unidades Round-flow cassette	--	--	FCQG35F	--	FCQG50F	FCQG60F	--	--
Unidades horizontal de techo	--	--	FHQ35C	--	FHQ50C	FHQ60C	--	--

Nota: En potencia 71 solamente es compatible con la unidad FTX 571G.

3.13 Características técnicas de los equipos interiores

AVANCE DAIKIN 2015

BOMBA DE CALOR

► **SPLIT:** Unidades de pared serie K/G Inverter / Doméstico

DOMÉSTICO / SPLIT

•FTX-K

•RX-K

•FTXS71G

•RXS71F8

CONJUNTO SPLIT DE PARED SERIE K/G			TX20K*	TX25K*	TX35K*	TX550K*	TX60K*	TXS71G
Capacidad	Refrigeración (Min.-Nom.-Máx.)	W kcal	1.300-2.000-2.600 1.118-1.720-2.236	1.300-2.500-3.000 1.118-2.150-2.580	1.300-3.500-4.000 1.204-3.010-3.440	1.700-5.000-6.000 1.462-4.300-5.160	1.700-6.000-7.000 1.462-5.160-6.020	2.300-7.100-8.500 1.978-6.106-7.310
	Calefacción (Min.-Nom.-Máx.)	W kcal	1.300-2.500-3.500 1.118-2.150-3.010	1.300-3.000-4.000 1.118-2.580-3.440	1.300-4.000-4.800 1.118-3.440-4.128	1.700-6.000-7.000 1.462-5.160-6.622	1.700-7.000-8.000 1.462-6.020-6.880	2.300-8.200-10.200 1.978-7.052-8.772
Consumo	Refrigeración	Nominal W	500	740	1.070	1.400	1.640	2.350
	Calefacción	W	520	690	1.000	1.580	1.930	2.350
Conexiones	Líquido	mm	ø 6,4 (1/4")					
	Gas	mm	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 12,7 (1/2")	ø 12,7 (1/2")	ø 15,0 (5/8")
Alimentación eléctrica			V/220V	V/220V	V/220V	V/220V	V/220V	V/220V
Nº hilos de Interconexión			3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T
EER / COP		Refrig. / Calef.	3,97 / 4,77	3,37 / 4,40	3,30 / 4,00	3,58 / 3,80	3,65 / 3,63	3,02 / 3,22
Etiq. ofic. energ.		Refrig. / Calef.	A / A	A / A	A / A	A / A	A / A	B / C
SEER / SCOP		Refrigeración / Calefacción	6,66 / 5,02	6,33 / 4,70	6,42 / 4,74	6,59 / 4,39	7,76 / 4,34	5,28 / 3,81
Etiq. ofic. estac.		Refrigeración / Calefacción	A++ / A++	A++ / A++	A++ / A++	A++ / A+	A++ / A+	A / A
Carga de diseño (Pósign)	Refrigeración	KW	2,00	2,50	3,50	5,00	6,00	7,10
	Calefacción (+10°C)	KW	2,20	2,40	2,80	4,60	4,80	6,20
Consumo energético anual estándar			105	138	191	266	271	471
		kWh	614	715	827	1.467	1.728	2.276

UNIDADES INTERIORES DE PARED SERIE K / G		FTX20K*	FTX25K*	FTX35K*	FTX50K*	FTX60K*	FTXS71G
Capacidad de aire	Refrigeración (A/B/SB)	m ³ /min	9,1 / 4,7 / 3,9	9,2 / 5,0 / 3,9	9,3 / 5,8 / 4,4	14,7 / 7,0 / 4,4	17,4 / 11,9 / 11,2
	Calefacción	m ³ /min	9,5 / 6,0 / 4,3	10,0 / 6,0 / 4,3	12,1 / 6,5 / 6,5	12,4 / 7,8 / 7,8	13,3 / 8,4 / 5,5
Velocidades del ventilador		Nº	5 + A + S	5 + A + S	5 + A + S	5 + A + S	5 + A + S
Dimensiones	Alto	mm	283	283	283	295	290
	Ancho	mm	770	770	770	990	1.050
	Fondo	mm	225	225	225	263	250
Peso		Kg	7,0	7,0	7,0	12,0	12,0
Nivel de potencia acústica		dBA	55	55	58	59	60

UNIDADES EXTERIORES		RX20K*	RX25K*	RX35K*	RX50K*	RX60K*	RXS71F8
Tipo de compresor		SWING	SWING	SWING	SWING	SWING	SWING
Refrigerante		R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
Dimensiones	Alto	mm	550	550	735	770	770
	Ancho	mm	658	658	658	870	900
	Fondo	mm	275	275	275	320	320
Peso		Kg	26,0	26,0	28,0	42,0	71,0
Nivel de potencia acústica		dBA	60	60	62	63	65
Carga de refrigerante para		m	10	10	10	10	10
Carga adicional		gr/m	20	20	20	20	20

Precios €		FTX20K + RX20K	FTX25K + RXS25K	FTX35K + RX35K	FTX50K + RX50K	FTX60K + RX60K	FTXS71G + RXS71F8
DESGLDSE		296,00 € + 363,00 €	320,00 € + 379,00 €	346,00 € + 449,00 €	863,00 € + 1.132,00 €	1.165,00 € + 1.184,00 €	1.511,00 € + 1.688,00 €
TOTAL		659,00 €	699,00 €	795,00 €	1.995,00 €	2.349,00 €	3.199,00 €

MODELO	TX20K*	TX25K*	TX35K*	TX550K*	TX60K*	TXS71G
Longitud máxima de tubería (L)	m	20	20	20	20	30
Diferencia de nivel máxima (H)	m	15	15	15	20	20

*Nota: Posibilidad de instalación para valores intermedios.

NOTA
Las capacidades se basan en las condiciones siguientes:

1. Refrigeración: temperatura interior 27°CDB, 10°CDB; temperatura exterior 35°CDB.
2. Calefacción: temperatura interior 20°CDB; temperatura exterior 7°CDB, 0°CDB.
3. Longitud de tubería refrigerante: 7,5 m; alimentación: 220V/50.

La medición del nivel se toma en una cámara anecoica a una distancia de 1 m de la unidad.

NOTA
Indica los datos de rendimiento estacional SEER / SCOP según EN14825.

EER/SCOP según condiciones EUROVENT 2012.

*Información preliminar. Nota: Consultar información sobre opcionales en página 13 y sobre el nuevo on-line controller en página 93. * Unidades disponibles a partir de marzo de 2015

3.14 Características técnicas de la enfriadora de agua

Datos técnicos de 30RB/RQ

Enfriadora condensada por aire Aquasnap® 30RBS: sólo frío, eficiencia estándar
 Enfriadora condensada por aire Aquasnap® 30RQS: reversible, eficiencia estándar

30RBS – Cama estándar		35	40	45	50	60	70	80	–	90	100	120	140	160
Capacidad nominal de refrigeración*	kW	38.2	38.5	43.3	51.9	57.3	66.0	78.8	–	89.4	99.9	117.0	134.3	157.1
Coefficiente de eficiencia energética (EER) 30RBS	kW/kW	2.84	2.91	2.71	2.71	2.75	2.74	2.71	–	2.81	2.76	2.71	2.74	2.71
Clase EUROVENT, refrigeración 30RBS		C	B	C	C	C	C	C	–	C	C	C	C	C
Coefficiente europeo de eficiencia energética estacional (ESEER) 30RBS		4.00	3.22	4.00	4.02	4.08	4.00	4.05	–	4.22	4.20	4.12	4.14	4.13
30RQS – Cama estándar		35	40	45	50	60	70	78	80	90	100	120	140	160
Capacidad nominal de refrigeración 30RQS*	kW	37.9	39.0	44.2	50.7	56.4	65.1	73.4	76.5	86.7	99.3	112.4	132.5	146.9
Coefficiente de eficiencia energética (EER) 30RQS*	kW/kW	2.85	2.91	2.82	2.72	2.82	2.79	2.68	2.82	2.78	2.76	2.71	2.78	2.68
Clase EUROVENT, refrigeración 30RQS		C	B	C	C	C	C	D	C	C	C	C	C	D
Coefficiente europeo de eficiencia energética estacional (ESEER) 30RQS		4.05	3.25	4.10	4.02	4.10	4.05	3.85	4.10	4.20	4.20	4.12	4.14	3.90
Capacidad de calefacción 30RQS*	kW	41.0	40.8	46.4	52.9	57.4	67.5	77.2	77.5	87.8	100.0	114.0	140.8	154.4
Coefficiente de rendimiento (COP) 30RQS*	kW/kW	3.01	3.15	3.08	3.01	3.02	3.04	2.99	3.06	3.06	3.10	3.10	3.12	2.99
Clase EUROVENT, calefacción 30RQS		B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	C
Largo	mm	2071	1253	2071	2071	2071	2071	2071	2071	2071	2071	2071	2071	2071
Ancho	mm	1081	1081	1081	1081	1081	1081	1081	2278	2278	2278	2278	2278	2278
Alto	mm	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329	1329
Peso en funcionamiento (con módulo hidráulico de bomba simple)	kg	486	486	496	519	546	571	582	867	867	877	912	1021	1085
Nivel de potencia sonora Lw	dBA	80	80	81	81	81	87	87	94	94	94	94	98	98

* En condiciones estándar de Eurovent (fin-coil)
 Modo frío: temperatura de entrada/salida del evaporador = 12/7°C, temperatura del aire exterior = 35°C
 Modo calor: temperatura de entrada/salida del condensador = 49/45°C, temperatura del aire exterior = 7°C (verbo hidráulico/balbo seco)

Datos preliminares

Opciones y accesorios

Opciones	30RBS	30RQS
Módulo hidráulico con bomba simple o doble de presión baja	X	X
Módulo hidráulico con bomba simple o doble de presión alta	X	X
Módulo hidráulico con bomba simple o doble accionada por inverter	X	X
Amplificador suave sobre compresor (40 a 80 kW)	X	X
Funcionamiento en ambiente de baja temperatura (-30°C)	X	–
Recuperación parcial de calor	d.b.	d.b.
Ventiladores conectables a conductos	d.b.	d.b.

d.b.: disponible en breve



CARRIER participa en el programa de certificación Eurovent para equipos de acondicionamiento de líquidos, los datos de certificación relativos a los modelos aquí indicados se encuentran en el directorio de Eurovent, que puede consultarse en la página web: www.eurovent-certification.com

www.carrier.com



Número de pedido: RS961-20-03/2009
 El fabricante se reserva el derecho a suspender o modificar, en cualquier momento, las especificaciones o diseños sin previo aviso y sin incurrir en obligaciones.

Carrier Corporation es una unidad de United Technologies Corporation (NYSE:UTX)

3.15 Características técnicas de la unidad de tratamiento de aire (UTA)

MODELO 39SQ		Co405	Co506	Co606	Ro606	CR0707	Ro808	Ro909	R1010	R1111	R1212
Caudal de aire máximo	m³/h	1600	2580	3150	4500	6125	8000	10125	12500	15125	18000
	m³/s	0.44	0.72	0.88	1.25	1.70	2.22	2.81	3.47	4.20	5.00
Caudal de aire mínimo	m³/h	737	1225	1549	1549	2247	3265	4501	5328	6882	7847
	m³/s	0.20	0.34	0.43	0.43	0.62	0.91	1.25	1.48	1.91	2.18
Eficiencia térmica de la unidad*	%	94	94	94	77.5	78	78	79	79	79	79
Intercambiador de calor con recuperación de calor		Placas a contracorriente			Rotativo						
Control de capacidad		Compuerta de bypass			Controlador de velocidad variable						
Ventiladores de suministro y expulsión		Ventilador de accionamiento directo con inversor de frecuencia			Ventilador de accionamiento directo con inversor de frecuencia						
Filtros de aire suministrado y expulsado		Filtro de bolsa, eficacia F7			Filtro de bolsa, eficacia F7						
Batería de precalentamiento del aire exterior		Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)			Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)						
Batería de recalentamiento del aire suministrado		Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)			Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)						
Batería de enfriamiento del aire suministrado		Batería de agua enfriada (opción)			Batería de agua enfriada (opción)						

MODELO 39SQ		P0405	P0506	P0606	P0707	P0808	P0909	P1010
Caudal de aire máximo	m³/h	2500	3750	4500	6125	8000	10125	12500
	m³/s	0.69	1.04	1.25	1.70	2.22	2.81	3.47
Caudal de aire mínimo	m³/h	737	1225	1549	2247	3265	4501	5328
	m³/s	0.20	0.34	0.43	0.62	0.91	1.25	1.48
Eficiencia térmica de la unidad*	%	62	63	63	64	64	63	62
Intercambiador de recuperación de calor		Placas de flujo cruzado						
Control de capacidad		Compuerta de bypass						
Ventiladores de suministro y expulsión		Ventilador de accionamiento directo con inversor de frecuencia						
Filtros de aire suministrado y expulsado		Filtro plisado, eficacia F7						
Batería de precalentamiento del aire exterior		Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)						
Batería de recalentamiento del aire suministrado		Batería de agua caliente o resistencia eléctrica (opción)						
Batería de enfriamiento del aire suministrado		Batería de agua enfriada (opción)						

Eficiencia térmica a 2 m/s con el efecto del ventilador de suministro de aire, exterior 10 °C, aire extraído 22 °C/50%

Datos eléctricos de las unidades 39SQC/R/P

Modelo 39	SQC	SQC	SQC	SQR						
	0405	0506	0606	0606	0707	0808	0909	1010	1111	1212
	SQP	SQP	SQP		SQP	SQP	SQP	SQP		
	0405	0506	0606		0707	0808	0909	1010		
Circuito de alimentación	Interruptor principal de desconexión incorporado									
Alimentación nominal	V-f-Hz	400-3-50 neutro								
Intervalo de tensiones	V	360-440								
Potencia máxima de la unidad	kW	3,6	5,8	7,7	7,7	10,5	14,1	14,1	18,9	27,3
Tamaño máximo del cable de alimentación	mm²	2,5	4	4	4	6	6	6	10	16
Interruptor principal	A	25	25	25	25	40	40	40	63	63
Capacidad de cortocircuito de la unidad	kA	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Protección recomendada con fusibles en la línea de alimentación	A	20	25	25	25	35	35	35	50	63
Alimentación del circuito de control	Transformador de control de 24 V incorporado									

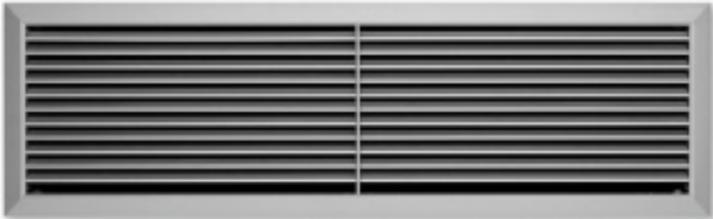
Nota: El recalentador y el precalentador eléctricos tienen alimentación independiente

3.16 Características técnicas de las rejillas de impulsión/retorno



PÁGINA PRINCIPAL > Productos > Difusores de aire > Rejillas de aire > Serie AT

Serie AT



- Lamas horizontales aerodinámicas, con marco de 23 ó 27 mm
- Sujeción mediante fijación oculta
- Material: aluminio extruido

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

Rejilla con marco frontal de diseño aerodinámico, de 23 ó 27 mm, que incorporan bisel en el borde interior y una sección en ángulo en el exterior.

Lamas horizontales móviles, regulables individualmente. Sujeción mediante fijación oculta.

Bajo demanda, la sujeción puede suministrarse por muelles.

En la ejecución con marco de 27 mm las rejillas pueden ser suministradas con sujeción mediante tornillos vistos (taladros avellanados).

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Planos

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

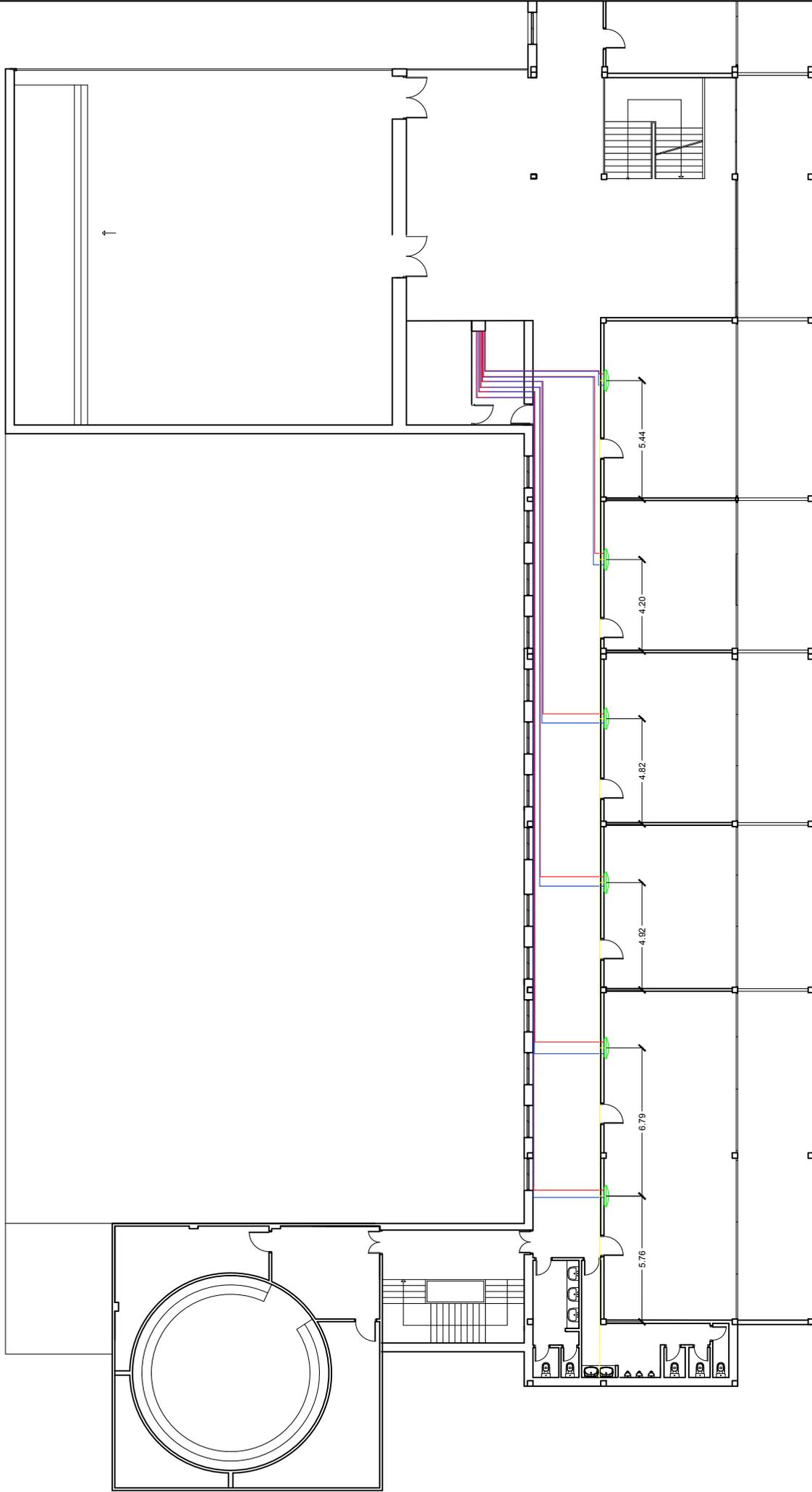
ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

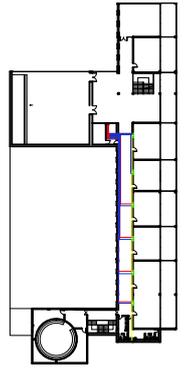
Índice Planos

4. Planos.....	132
4.1 Plano 1: Distribución equipos interiores 1ª planta.....	134
4.2 Plano 2: Distribución equipos interiores 2ª planta.....	135
4.3 Plano 3: Distribución de equipos exteriores en cubierta 1.....	136
4.4 Plano 4: Distribución de equipos exteriores en cubierta 2.....	137
4.5 Plano 5: Distribución conductos de ventilación.....	138
4.6 Plano 6: Instalación eléctrica 1ª planta.....	139
4.7 Plano 7: Instalación eléctrica 2ª planta.....	140
4.8 Plano 8: Instalación eléctrica cubierta y planta baja.....	141
4.9 Plano 9: Esquema unifilar.....	142

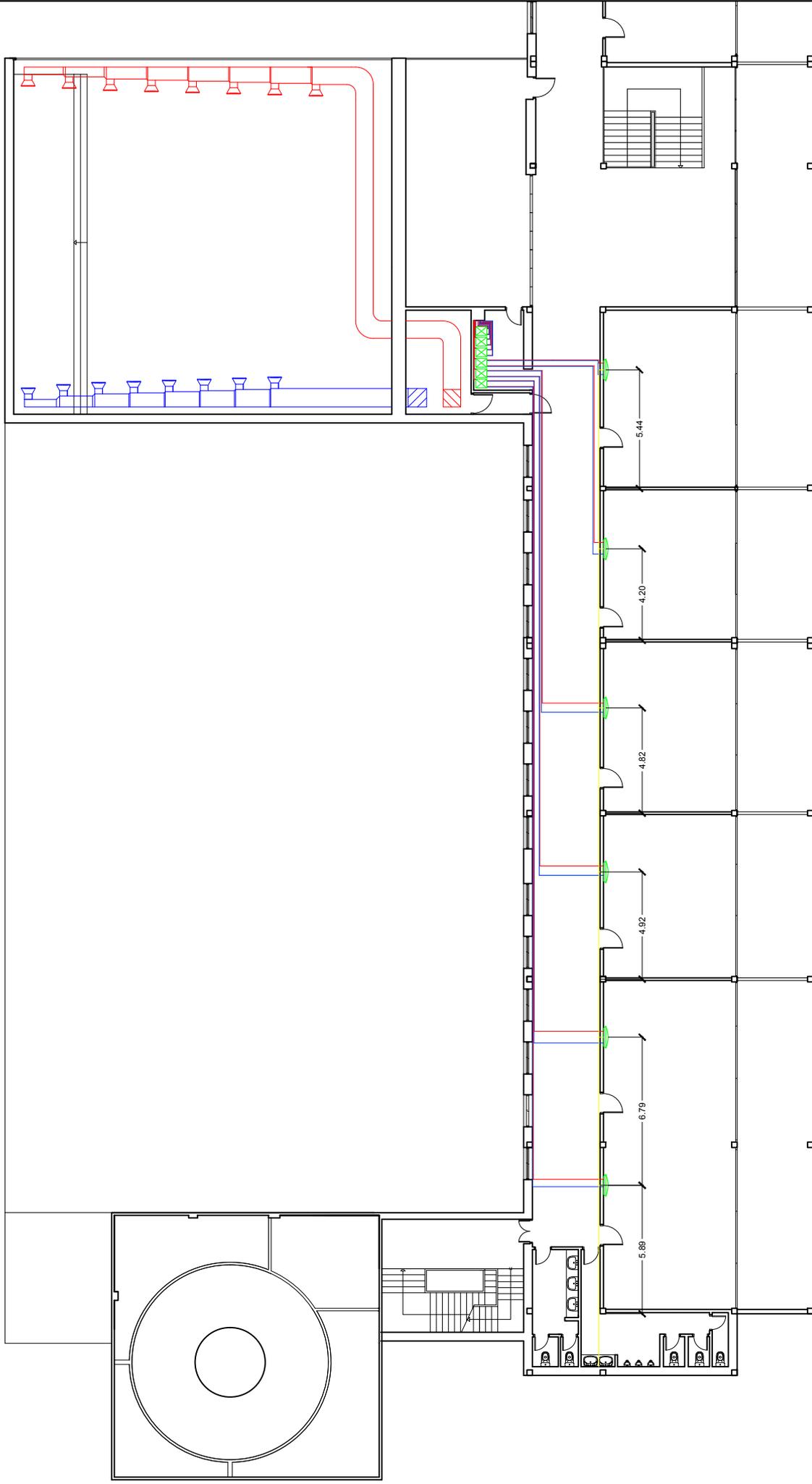


LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN

- TUBERÍA DE GAS
- TUBERÍA DE LÍQUIDO
- TUBERÍA DE EVAPORADOR SIN IT
- EVAPORADOR MODELO FTX571G

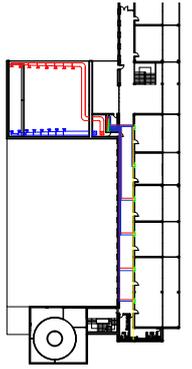


ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA	
Dibujado (nombre)	MES-ARD
Dib. (apellidos)	06-2015 Alonso Montañez
Id. s. normas	UNE-EN-DIN
Fecha	MES-ARD
Autor	Sergio Miguel
 Universidad de La Laguna	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
ESCALA	Distribución de los equipos interiores y
1:125	Circuito de refrigeración 1ª Planta
	Nº P.: 1
	Nom-Arch: Interiores 1ª planta

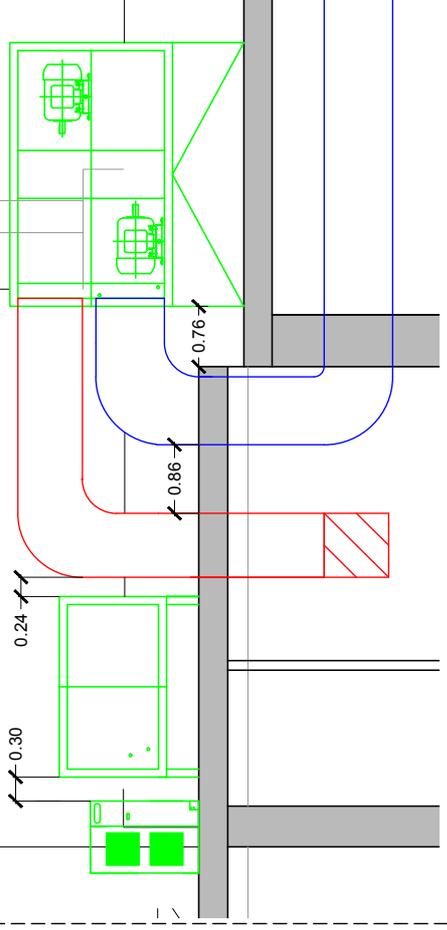


LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN

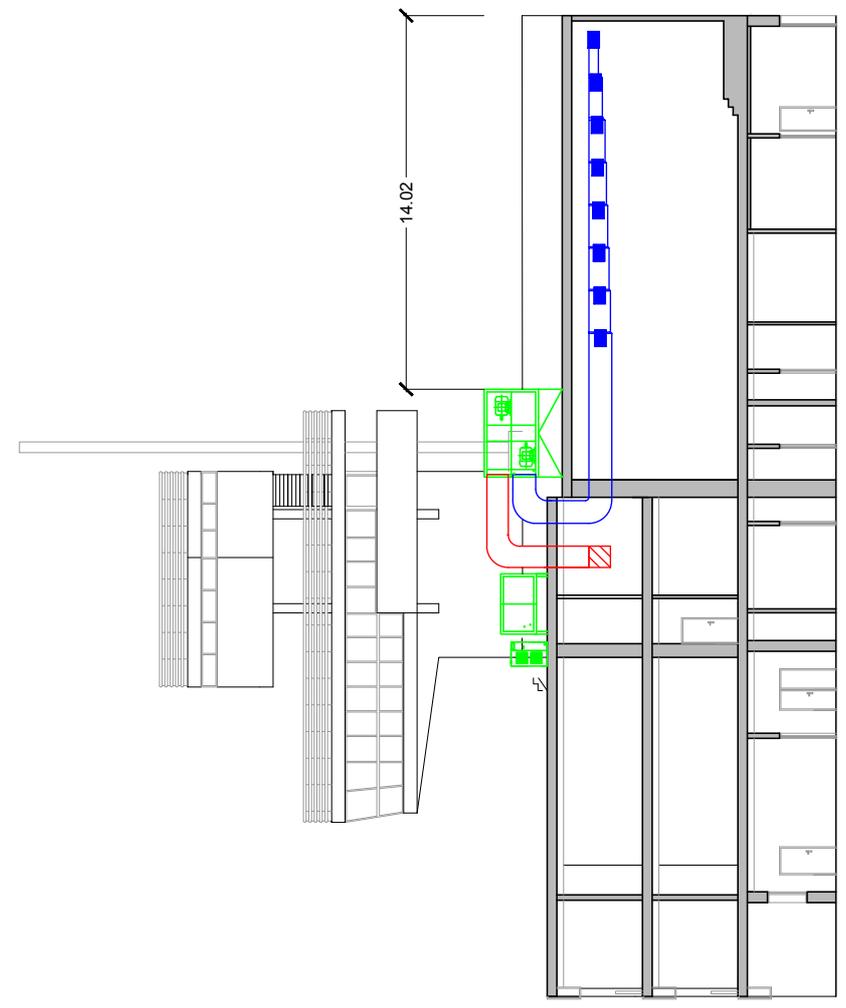
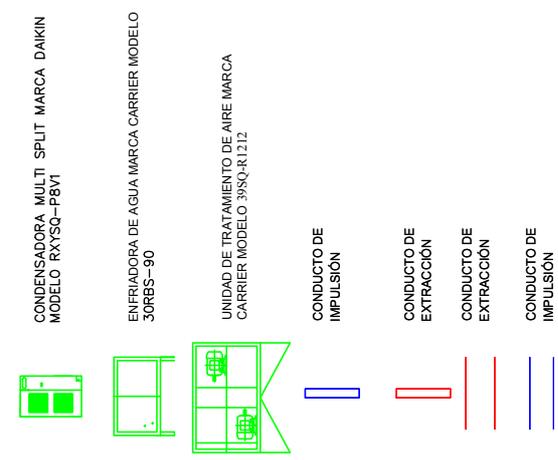
	TUBERÍA DE GAS
	TUBERÍA DE LÍQUIDO
	TUBERÍA DE CONDENSADO
	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN MARCAS VAVIN, INSELEO BPMKSN57A2
	EVAPORADOR SPLIT MARCAS VAVIN, INSELEO FTX521G



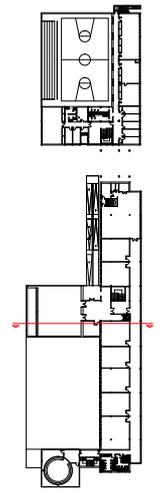
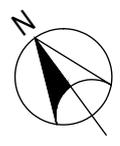
ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA	
Dibujado (nombre)	MES-ARD
Dib. (apellidos)	06-2015 Alonso Montañez
Id. s. normas	UNE-EN-DIN
Fecha	Autor
MES-ARD	Sergio Miguel
06-2015	Alonso Montañez
UNE-EN-DIN	Universidad de La Laguna
ESCALA	1:125
Distribución de los equipos interiores y Circuito de refrigeración 2ª Planta	
ESQUEMA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nº P.: 2	
Nom-Arch: Interiores 2ª planta	



LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN



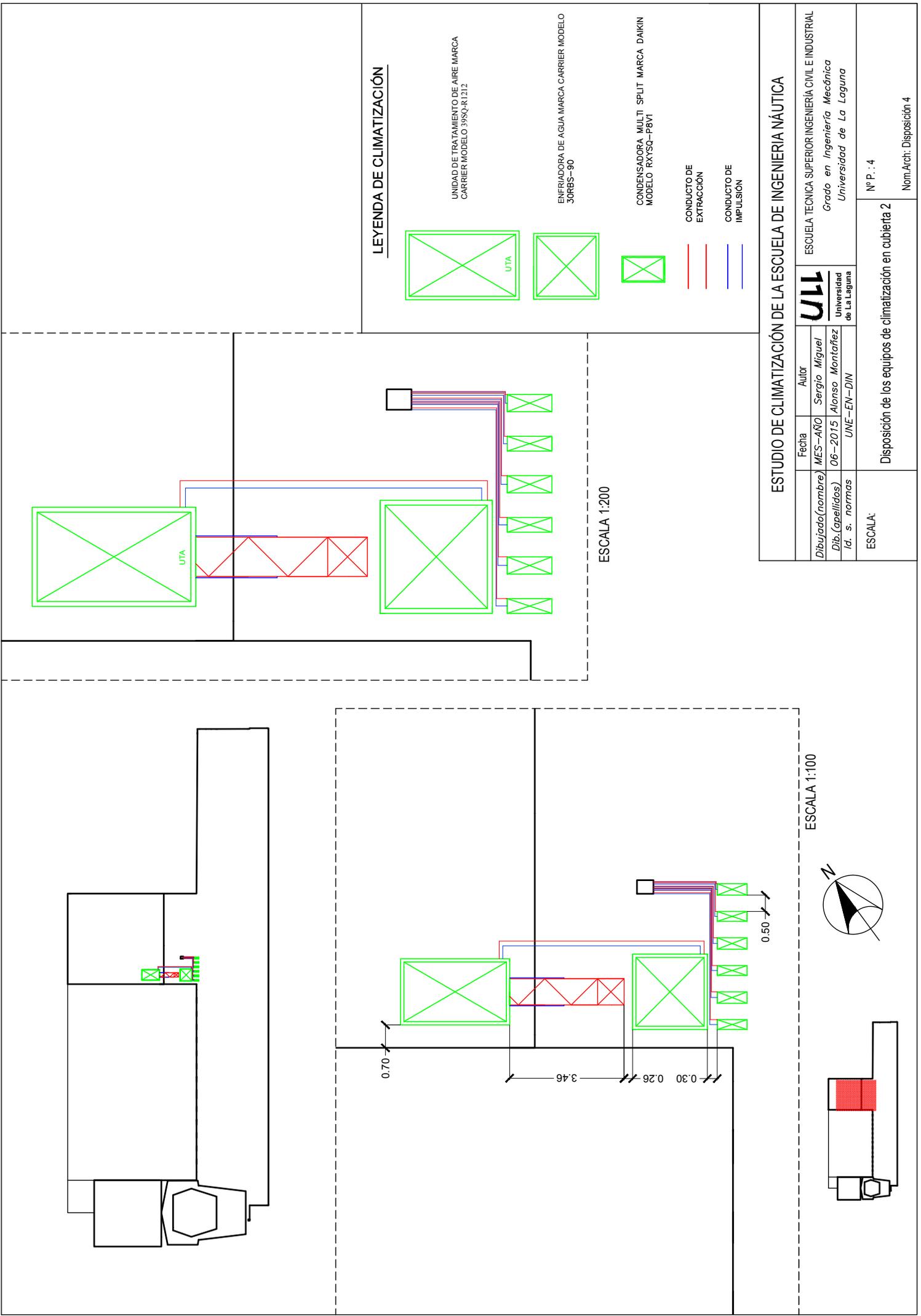
ESCALA 1:200



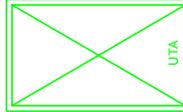
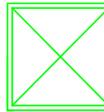
PLANTA SEGUNDA

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NAÚTICA

Dibujado(nombre) MES-ANO Dib. (apellidos) Id. s. normas	Autor Sergio Miguel Alonso Montañez UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
			Grado en Ingeniería Mecánica
			Universidad de La Laguna
ESCALA: Disposición de los equipos de climatización en cubierta 1	Nº P.: 3	Nom.Arch: Disposición 1	



LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN

- 
 UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE MARCA CARRIER MODELO 395Q-R1212
- 
 ENFRIADORA DE AGUA MARCA CARRIER MODELO 30RBS-90
- 
 CONDENSADORA MULTI SPLIT MARCA DAIKIN MODELO RX15Q-P8V1
- 
 CONDUCTO DE EXTRACCIÓN
- 
 CONDUCTO DE IMPULSIÓN

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA NÁUTICA

Dibujado(nombre)	MES-ANCI	Autor	Sergio Miguel
Dib. (apellidos)	06-2015	Id. s. normas	Alonso Montañez
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna

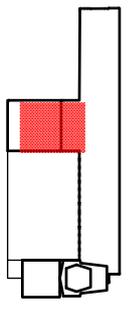
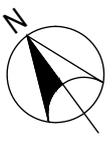


ESCALA: Disposición de los equipos de climatización en cubierta 2

Nº P. : 4

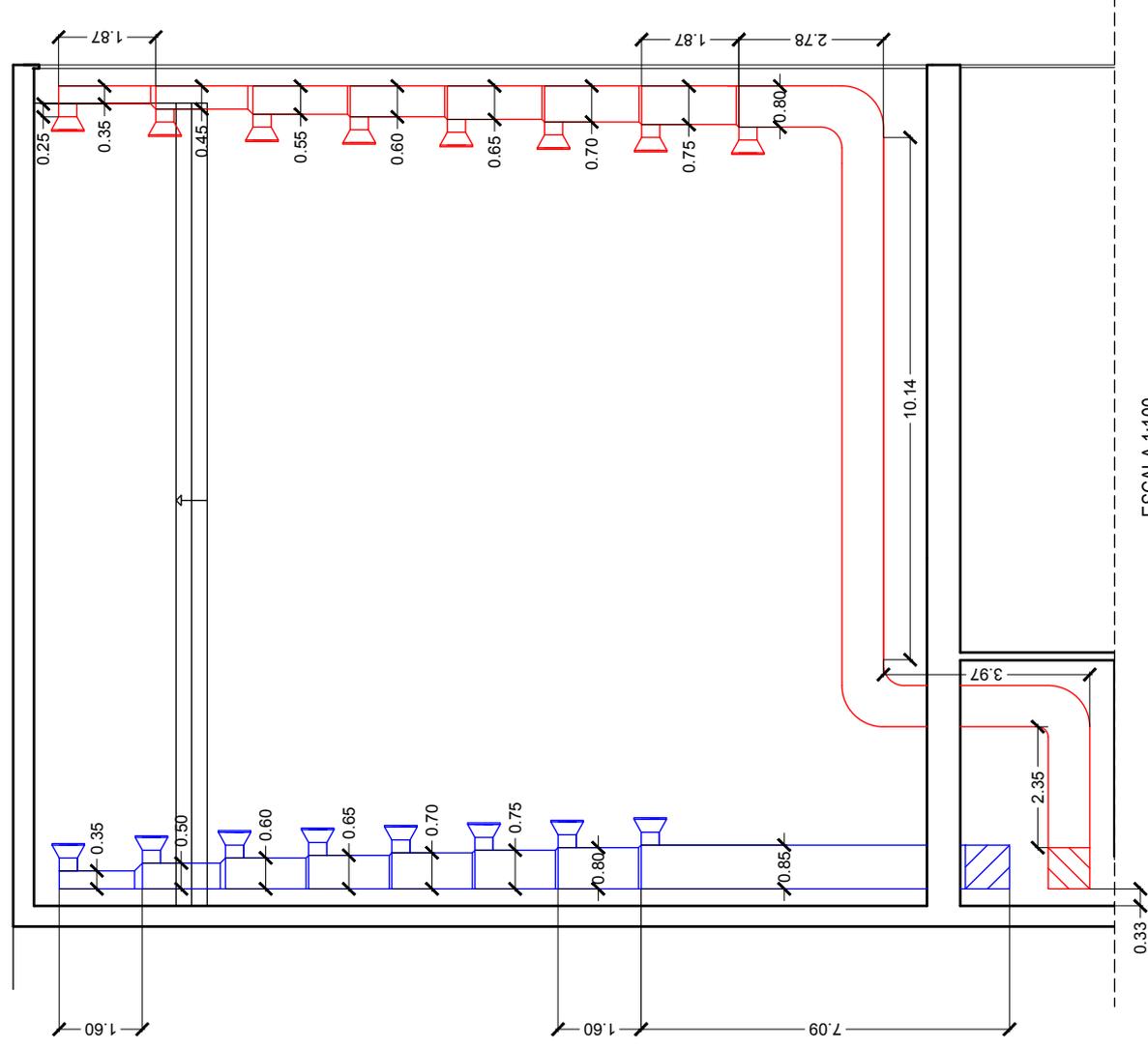
Nom.Arch: Disposición 4

ESCALA 1:100

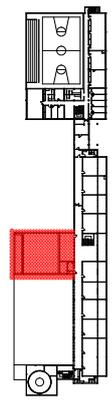
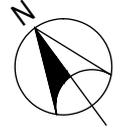


ESCALA 1:200

0.70 3.46 0.26 0.30 0.50

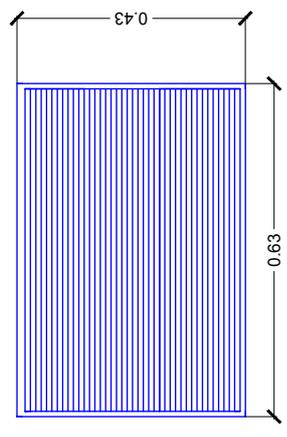


ESCALA 1:100

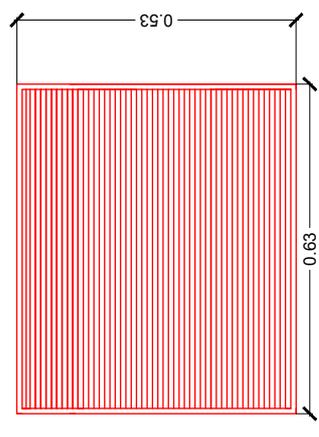


SALÓN DE ACTOS

Rejilla de impulsión



Rejilla de retorno

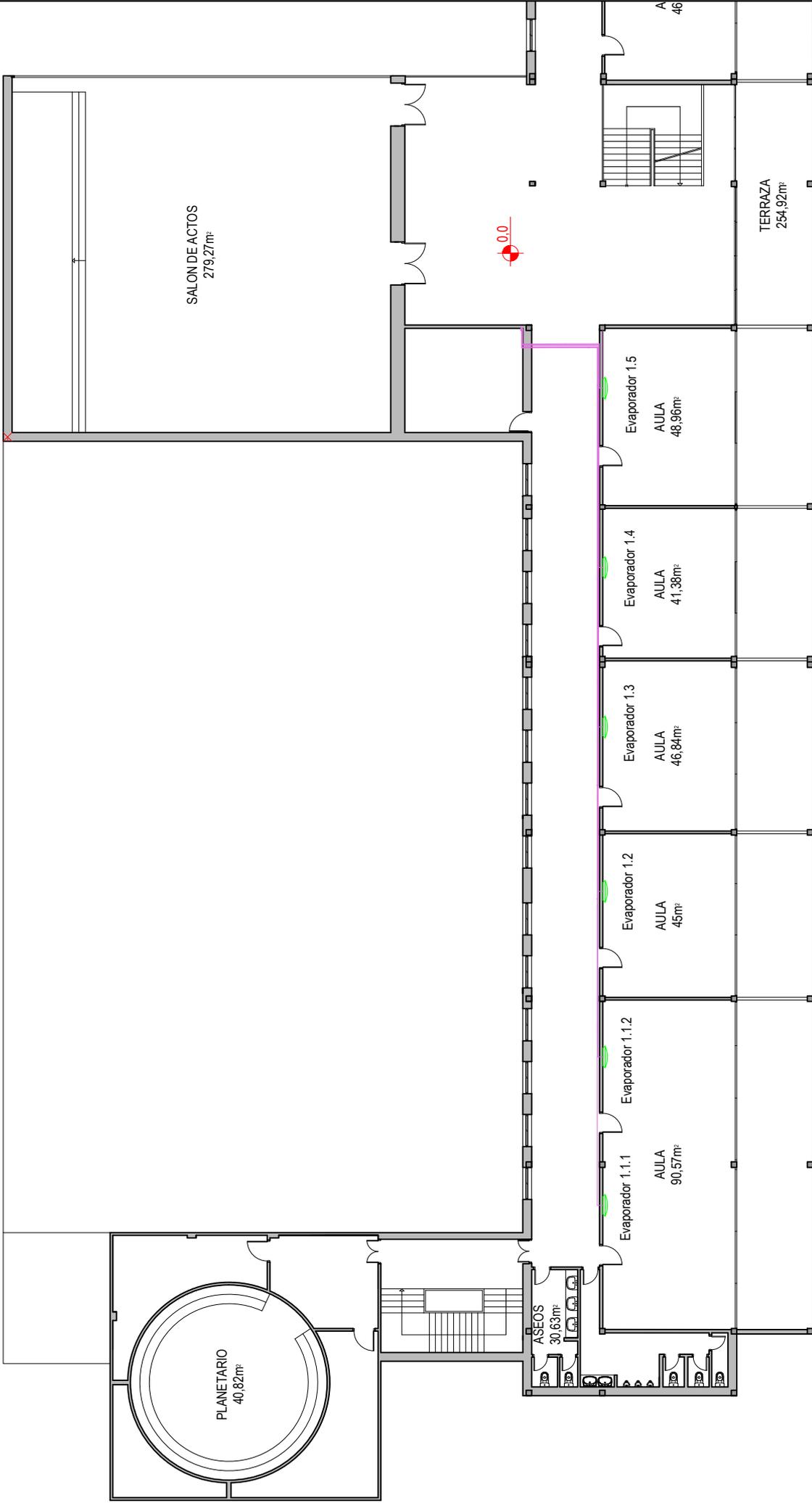


LEYENDA DE CLIMATIZACIÓN

- CONDUCTO DE IMPULSIÓN
- CONDUCTO DE EXTRACCIÓN

Estudio de climatización de la escuela de Ingeniería Náutica

Dibujado(nombre) Dib. (apellidos) Id. s. normas	Fecha MES-AÑO 06-2015	Autor Sergio Miguel Alonso Montañez	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
	UNE-EN-DIN	Nº P.: 5	
	ESCALA: 1:100	Disposición de los conductos de ventilación	
			Nom.Arch: Ventilación



LEYENDA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
CONDUCTORES

Receptores	Longitud Km	Potencia Unifilar (W)	Intensidad (A)	Criterio Intensidad (mm²)	Sección por cable Intensidad (mm²)	Sección Intensidad (mm²)	Cable Intensidad (mm²)	Intensidad del magisterio (A)
Evaporador 1.1.1	46.78	0.02698	11.52657	1.5	1.47038677	2.5	3.4033	16
Evaporador 1.1.2	33.48	0.03348	11.52657	1.5	1.05885512	2.5	2.7788	16
Evaporador 1.2	26.98	0.02698	11.52657	1.5	0.83383629	2.5	1.9976	16
Evaporador 1.3	33.98	0.03398	11.52657	1.5	0.742180265	2.5	1.0351	16
Evaporador 1.4								
Evaporador 1.5								

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NAÚTICA

Dibujado (nombre)	MES-ARD	Fecha	Autor
Dib. (apellidos)	06-2015 Alonso Montañez		Sergio Miguel
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna

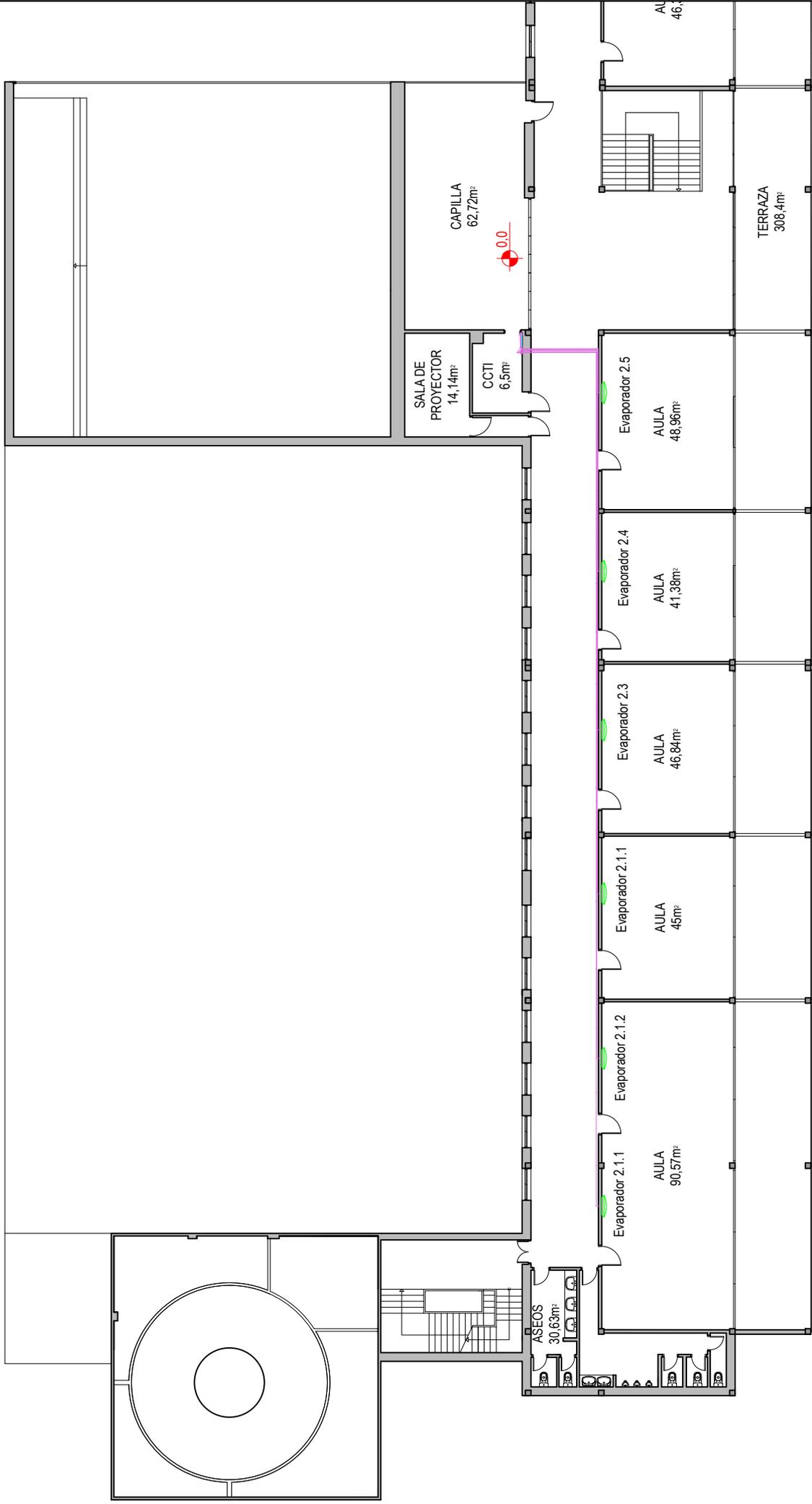
ESCALA: 1:125

Instalación eléctrica 1ª planta

Nº P.: 6

Nom-Arch: Eléctrico 1

ESCUOLA TECNICA SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL
Grado en Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna



LEYENDA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

CONDUCTORES

Receptores	Long m	Potencia utilizada (W)	Intensidad (A)	Criterio Intensidad (mm²)	Sección por cable (en mm²)		Sección Cable de tensión		Intensidad del máximo del receptores (A)	
					inicial	final	(%)	(%)	máximo	mínimo
Evaporador 2.1.1	42.86	0.02386	2350	11.32507	1.5	1.35058924	2.5	3.17331	21	16
Evaporador 2.1.2	28.85	0.02386	2350	11.32507	1.5	0.94455656	2.5	2.1081	21	16
Evaporador 2.3	28.85	0.02386	2350	11.32507	1.5	0.78864877	2.5	1.72951	21	16
Evaporador 2.4	16.86	0.02386	2350	11.32507	1.5	0.53237335	2.5	1.2483	21	16
Evaporador 2.5	30.38	0.02386	2350	11.32507	1.5	0.62780324	2.5	1.50241	21	16

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA

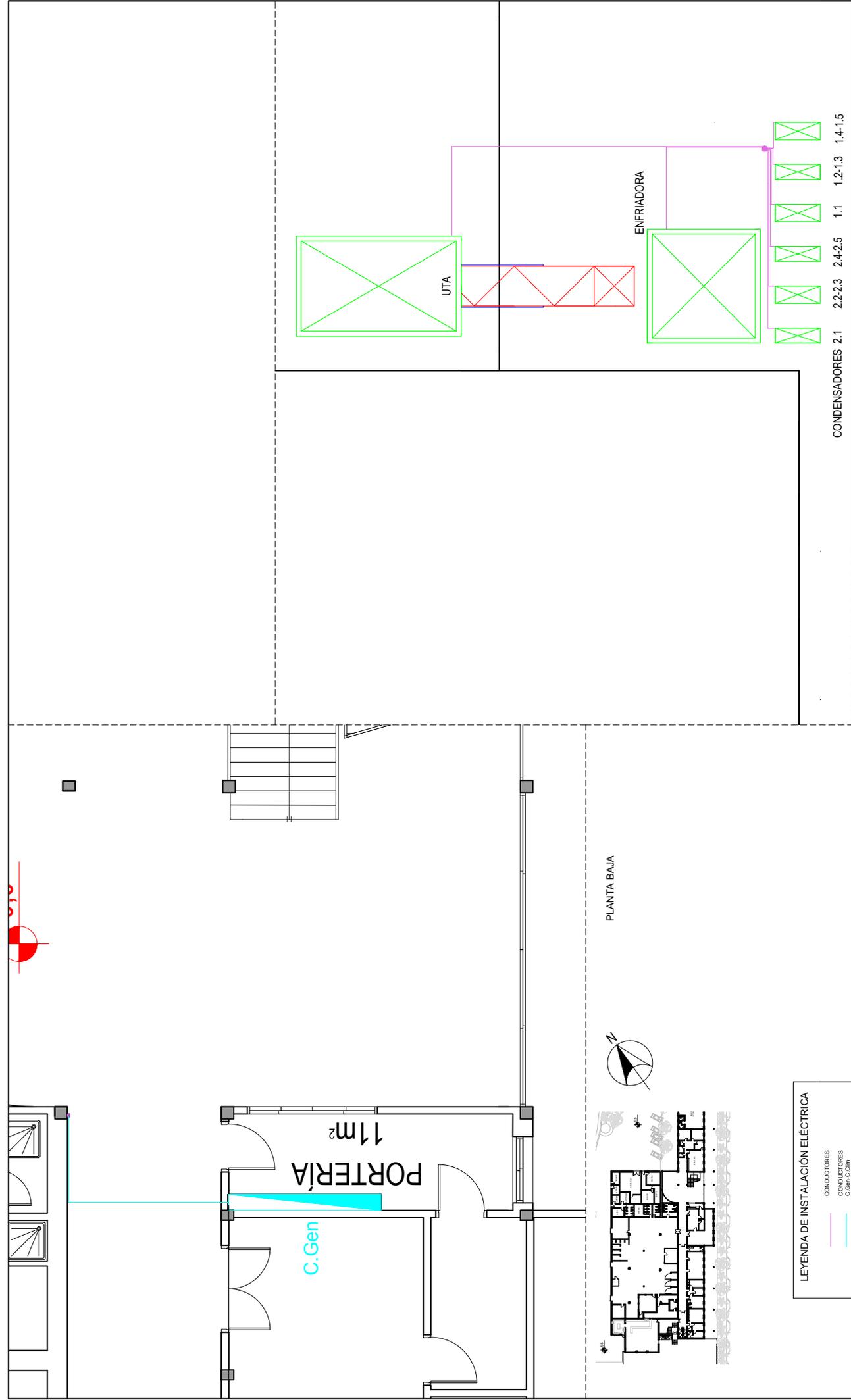
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna
Dibujado (nombre)	MES-ARD	ESUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dib. (apellidos)	06-2015 Alonso Montañez	Grado en Ingeniería Mecánica
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	Universidad de La Laguna

Instalación eléctrica 2ª planta

Nº P.: 7
Nom-Arch: Eléctrico 2

ESCALA

1:125



PLANTA BAJA

LEYENDA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

CONDUCTORES
C. Gén-C. Gen

CONDENSADORES 2.1 2.2-2.3 2.4-2.5 1.1 1.2-1.3 1.4-1.5

CUBIERTA

Receptores	Longitud Km	Potencia unidades (W)	Intensidad (A)	Cantidad intensidad (mm²)	Sección por cada final de conductor (mm²)	Sección final de conductor (mm²)	Factor de tensión (%)	Intensidad máxima del cable (A)	Intensidad del empalmamiento (A)
Condensador má.1.1	5.81	0.00581	4.000	21.7933043	4	0.333386956	4	0.331483	27
Condensador má.1.2	4.21	0.00421	4.000	21.7933043	4	0.244887254	4	0.242984	20
Condensador má.1.4	4.21	0.00421	4.000	21.7933043	4	0.244887254	4	0.242984	20
Condensador má.2.1	3.41	0.00341	4.000	21.7933043	4	0.206353817	4	0.204451	20
Condensador má.2.2	3.41	0.00341	4.000	21.7933043	4	0.206353817	4	0.204451	20
Condensador má.2.3	3.41	0.00341	4.000	21.7933043	4	0.206353817	4	0.204451	20
UTA	8.5	0.0085	27000	48.3017019	10	0.2102465	16	1.1378	59
Enfriadora	3.5	0.0035	45700	79.2910917	25	0.664502125	25	0.6625984	77
de climatización	11	0.011	0	0	120	0	185	0	268
									60x-250



ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA

Dibujado (nombre)	MES-ARD	Autor	Sergio Miguel
Dib. (apellidos)	06-2015	Alonso Montañez	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:50

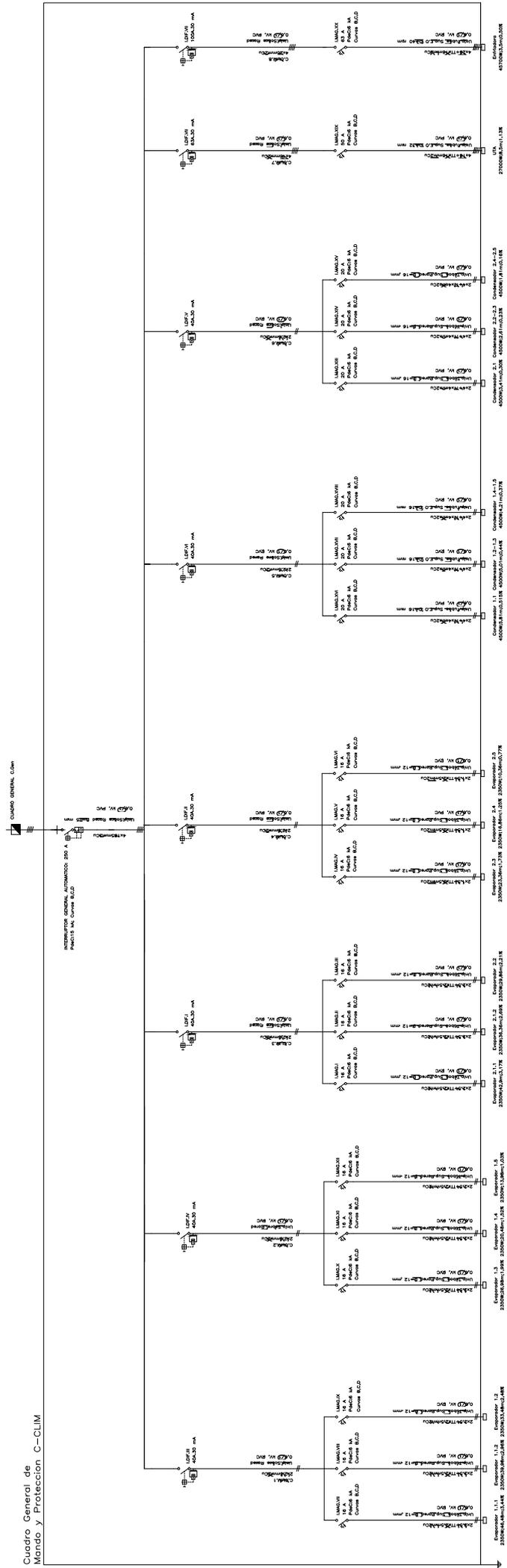
Instalación eléctrica planta baja y cubierta

Nº P.: 8

Nom Arch: Eléctrico 3

ESQUEMA TECNICO SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL
Grado en Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna

Cuadro General de
Mando y Protección C-CLIM



ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA NÁUTICA	
Dibujado(nombre)	MES-ARD
Dib.(Apellidos)	06-2015 Alonso Montañez
Id. s. normas	UNE-EN-DIN
Fecha	Autor
	Sergio Miguel
ESCUOLA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Grado en Ingeniería Mecánica	
Universidad de La Laguna	
ESCALA	Esquema Unifilar
	Nº P.: 9
	Nom:Arch: Unifilar

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Pliego de condiciones

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Pliego de Condiciones

5. Pliego de condiciones.....	143
5.1.- Condiciones facultativas.....	147
5.1.1. Técnico director de obra.....	148
5.1.2. Constructor o instalador.....	148
5.1.3. Verificación de los documentos del proyecto.....	148
5.1.4. Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	149
5.1.5. Presencia del constructor o instalador en la obra.....	149
5.1.6. Trabajos no estipulados expresamente.....	149
5.1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.....	149
5.1.8. Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa.....	149
5.1.9 Faltas de personal.....	150
5.1.10. Caminos y accesos.....	150.
5.1.11. Replanteo.....	151
5.1.12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.....	151
5.1.13. Orden de los trabajos.....	151
5.1.14. Facilidades para otros contratistas.....	152
5.1.15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	152
5.1.16. Prórroga por causa de fuerza mayor.....	152
5.1.17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	152
5.1.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	153

5.1.19. Obras ocultas.....	154
5.1.20. Trabajos defectuosos.....	154
5.1.21. Vicios ocultos.....	154
5.1.22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia.....	154
5.1.23. Materiales no utilizables.....	154
5.1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	155
5.1.25. Limpieza de las obras.....	155
5.1.26. Documentación final de la obra.....	155
5.1.27. Plazo de garantía.....	155
5.1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	156
5.1.29. De la recepción definitiva.....	156
5.1.30. Prórroga del plazo de garantía.....	156
5.2.- condiciones económicas.....	156
5.2.1. Composición de los precios unitarios.....	156
5.2.2. Precio de contrata. Importe de contrata.....	158
5.2.3. Precios contradictorios.....	158
5.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	159
5.2.5. De la revisión de los precios contratados.....	159
5.2.6. Acopio de materiales.....	159
5.2.7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores.....	159
5.2.8. Relaciones valoradas y certificaciones.....	160

5.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas.....	161
5.2.10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.....	161
5.2.11. Pagos.....	161
5.2.12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.....	162
5.2.13. Demora de los pagos.....	162
5.2.14. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.....	162
5.2.15. Unidades de obra defectuosa pero aceptable.....	163
5.2.16. Seguro de las obras	163
5.2.17. Conservación de la obra.....	164
5.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario.....	164
5.3. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones de climatización.....	165
5.3.1.- Condiciones generales.....	165
5.3.2.- Condiciones que han de cumplir los materiales.....	165
5.3.3.- Ejecución de las obras.....	166
5.3.4.- Pruebas para la recepción de las obras.....	168
5.4.-condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión.....	168
5.4.1. Condiciones generales.....	169
5.4.2. Canalizaciones eléctricas.....	169
5.4.3. Conductores.....	170

5.4.5. Mecanismos y tomas de corriente.....	191
5.4.6. Paramenta de mando y protección.....	195
5.4.7. Receptores de alumbrado.....	201
5.4.8. Receptores a motor.....	202
5.4.9. Puestas a tierra.....	206
5.4.10. Inspecciones y pruebas en fábrica.....	210
5.4.11. Control.....	211
5.4.12. Seguridad.....	211
5.4.13. Limpieza.....	212
5.4.14. Mantenimiento.....	212
5.4.15. Criterios de medición.....	212

5.1.- Condiciones Facultativas:

5.1.1 Técnico director de obra.

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

5.1.2. CONSTRUCTOR O INSTALADOR.

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

5.1.3. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

5.1.4. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

5.1.5. PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN LA OBRA.

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

5.1.6. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE.

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones. Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

5.1.7. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

5.1.8. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

5.1.9. FALTAS DE PERSONAL.

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

5.1.10. CAMINOS Y ACCESOS.

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

5.1.11. REPLANTEO.

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

5.1.12. COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

5.1.13. ORDEN DE LOS TRABAJOS.

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

5.1.14. FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS.

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

5.1.15. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR.

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor o Instalador está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

5.1.16. PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR.

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

5.1.17. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA.

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

5.1.18. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

5.1.19. OBRAS OCULTAS.

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

5.1.20. TRABAJOS DEFECTUOSOS.

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica "del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

5.1.21. VICIOS OCULTOS.

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

5.1.22. DE LOS MATERIALES Y LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA.

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada. Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

5.1.23. MATERIALES NO UTILIZABLES.

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigentes en la obra. Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

5.1.24. GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS.

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

5.1.25. LIMPIEZA DE LAS OBRAS.

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

5.1.26. DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA.

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

5.1.27. PLAZO DE GARANTÍA.

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

5.1.28. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE.

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitivas, correrán a cargo del Contratista. Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

5.1.29. DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA.

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

5.1.30. PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA.

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

5.1.31. DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA.

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

5.2.- CONDICIONES ECONÓMICAS:**5.2.1. COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS.**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pulses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio Industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

- Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

- El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

- El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

5.2.2. PRECIO DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA.

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13% y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

2.3. PRECIOS CONTRADICTORIOS.

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

5.2.4. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS.

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

5.2.5. DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato. Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100. No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

5.2.6. ACOPIO DE MATERIALES.

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

5.2.7. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES.

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor o

Instalador, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al Constructor o Instalador, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

5.2.8. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES.

En cada una de las épocas o fechas que se fijan en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones Económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Técnico Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Técnico Director en la forma prevenida de los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Técnico Director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para

la constitución de la fianza se haya preestablecido. Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

5.2.9. MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS.

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

5.2.10. ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA.

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Técnico Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el

porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

5.2.11. PAGOS.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

5.2.12. IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (o/oo) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

5.2.13. DEMORA DE LOS PAGOS.

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

5.2.14. MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA. CASOS CONTRARIOS.

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

5.2.15. UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES.

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

5.2.16. SEGURO DE LAS OBRAS.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

5.2.17. CONSERVACIÓN DE LA OBRA.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

5.2.18. USO POR EL CONTRATISTA DEL EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO.

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

5.3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

5.3.1.- Condiciones generales

1. CONDICIONES GENERALES

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y económicas que fijan y precisan las normas a seguir para la correcta ejecución y liquidación de la obra proyectada. Este documento afectará a todas las obras que comprende el presente Proyecto, señalándose en él los criterios generales que serán de aplicación, condiciones de los materiales, pruebas a realizar, etc.

2. INTERPRETACIÓN DEL PROYECTO

La interpretación del proyecto, en su más amplio sentido, corresponde al autor del mismo y subsidiariamente al Técnico Director de las obras. El autor facilitará cuantas aclaraciones resultaran precisas para la buena marcha de las obras.

5.3.2.- Condiciones que han de cumplir los materiales

1. CONDICIONES GENERALES.

Todos los materiales empleados en esta obra serán de la mejor calidad, con la marca, tipo, condiciones y características fijadas en este proyecto. Las no fijadas las determinará el Técnico Director en el transcurso de las obras.

. RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES

De todos los materiales y partes de la obra se realizarán cuantos ensayos, verificaciones, análisis, etc considere necesarios el Técnico Director de la misma, siendo os gastos que se originen por cuenta de la contrata.

Antes de su empleo, los materiales serán examinados por el Técnico Director o persona en quién éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su utilización. Los materiales que resultaran inadmisibles por mala calidad, falta de dimensiones, etc., serán retirados inmediatamente. En el transcurso de la obra y mientras no sea recibida definitivamente, el Director de la misma podrá retirar el material defectuoso no detectado en el reconocimiento inicial, deshaciendo, incluso, la parte de obra con él realizada.

5.3.3.- Ejecución de las obras.

1. GENERALIDADES

Le ejecución de esta obra se ajustará a la documentación integrante del presente proyecto y a las órdenes verbales facilitadas por el Técnico Director, referentes a la interpretación y modificación de dicho proyecto.

2. INICIO DE LAS OBRAS

El contratista dará principio a las obras tan pronto como reciba, para ello, la oportuna orden del Técnico Director o la Propiedad, y seguirá el ritmo que determinen esas partes.

3. EJECUCIÓN

El contratista tendrá al frente de los trabajos personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan del Técnico Director, estando siempre a la mira de que las obras se ejecuten correctamente.

El contratista tiene la obligación de volver a ejecutar aquellas partes de la obra que a juicio del Técnico Director estén mal realizadas, no pudiendo exigir indemnización alguna por estos trabajos adicionales.

4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El contratista deberá adoptar las máximas precauciones y medidas de seguridad, tanto en el acopio de materiales como en la ejecución y mantenimiento de las obras, con el fin de proteger a las personas, animales y propiedades ajenas, de posibles daños y perjuicios, corriendo éste con la responsabilidad que se derive de los mismos.

Estará obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de la obra le dicte, para garantizar la seguridad, bien entendido que, en ningún caso, dicho cumplimiento eximirá al mismo de responsabilidades.

5. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

El contratista cuidará de la perfecta conservación de las obras, subsanando cuantos menoscabos aparezcan en las mismas, ya sean éstos accidentales, intencionados o producidos por el uso natural; de forma que al hacer su recepción definitiva, se encuentren en estado de conservación y funcionamiento completamente aceptables a juicio de la Dirección de la obra, sin que pueda alegar que las instalaciones hayan estado o no en servicio.

6. OMISIONES Y CONTRADICCIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Lo mencionado en este Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado si estuviera de acuerdo con lo expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre ellos, prevalecerá lo expuesto en el Pliego de Condiciones.

Los detalles imprevistos de las obras, que por su minuciosidad en Planos y Pliego de Condiciones y que, a juicio exclusivo de la Dirección de la obra, sin separarse del espíritu y recta intención de aquellos documentos sean necesarios para la buena construcción y remata de las obras, será de obligada ejecución para el Contratista.

7. RESPONSABILIDADES

El contratista es el único responsable de la ejecución de la obra que haya contratado, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que hubiere lugar por el incumplimiento o defectuoso cumplimiento de sus obligaciones.

Asimismo, será responsable ante los tribunales de los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniesen, atendiéndose en todo momento a las disposiciones legales estipuladas sobre el caso.

5.3.4.- Pruebas para la recepción de las obras.

1. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Para la recepción provisional de las obras, una vez terminadas, el Director de las mismas y el propietario de la instalación procederán, en presencia del contratista o su representante, a efectuar los ensayos y reconocimientos que se estimen necesarios para comprobar que las obras han sido ejecutadas con arreglo al presente Proyecto, a las modificaciones autorizadas y a las órdenes del Técnico Director

Los defectos que se encontraran, deberán ser subsanados por el contratista en el plazo de tiempo más breve posible, a su sola cuenta y riesgo.

2. GARANTÍAS

Transcurrido el plazo de garantía, se realizará un reconocimiento visual de las obras, con objeto de comprobar su estado de conservación. Si existiese duda racional a juicio del Técnico Director, se procederá a realizar las mismas pruebas que para la recepción provisional. A partir de la recepción definitiva, cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos defectos inherentes a la normal conservación de la obra, subsistiendo las responsabilidades que pudieran alcanzarle por defecto oculto o deficiencia de causa dolosa.

5.4.-CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSIÓN.

5.4.1. CONDICIONES GENERALES.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

5.4.2. CANALIZACIONES ELECTRICAS.

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de

registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

5.4.2.1. CONDUCTORES AISLADOS BAJO TUBOS PROTECTORES.

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos). Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
 - UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
 - UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
 - UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
 - UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 4 Fuerte
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 1-2 Rígido/curvable
- Propiedades eléctricas 1-2 Continuidad eléctrica/aislante
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación: 1º Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 2 Ligera
- Resistencia al impacto 2 Ligera
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °

- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

2º/ Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 3 Media
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 2 + 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 5 Protegido contra el polvo
- Resistencia a la penetración del agua 3 Protegido contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 4 Fuerte
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 4 Flexible
- Propiedades eléctricas 1/2 Continuidad/aislado
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$

- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior mediana y exterior elevada y compuestos
- Resistencia a la tracción 2 Ligera
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 2 Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión NA 250 N / 450 N / 750 N
- Resistencia al impacto NA Ligero / Normal / Normal
- Temperatura mínima de instalación y servicio NA NA
- Temperatura máxima de instalación y servicio NA NA
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$
- Resistencia a la penetración del agua 3 Contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 0 No declarada
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V. El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación. Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores

que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

5.4.2.2. CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS PAREDES.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

5.4.2.3. CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS.

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

5.4.2.4. CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS.

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

5.4.2.5. CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCION.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V. Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura. La canalización podrá

ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

5.4.2.6. CONDUCTORES AISLADOS BAJO CANALES PROTECTORAS.

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 4 Fuerte
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 1-2 Rígido/curvable
- Propiedades eléctricas 1-2 Continuidad eléctrica/aislante
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °

- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

1º Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 2 Ligera
- Resistencia al impacto 2 Ligera
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

2º Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 3 Media
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 2 + 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 5 Protegido contra el polvo

- Resistencia a la penetración del agua 3 Protegido contra el agua en forma de lluvia - Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión 4 Fuerte
- Resistencia al impacto 3 Media
- Temperatura mínima de instalación y servicio 2 - 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio 1 + 60 °C
- Resistencia al curvado 4 Flexible
- Propiedades eléctricas 1/2 Continuidad/aislado
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 2 Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior mediana y exterior elevada y compuestos
- Resistencia a la tracción 2 Ligera
- Resistencia a la propagación de la llama 1 No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas 2 Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica Código Grado

- Resistencia a la compresión NA 250 N / 450 N / 750 N
- Resistencia al impacto NA Ligero / Normal /

Normal

- Temperatura mínima de instalación y servicio NA NA
- Temperatura máxima de instalación y servicio NA NA
- Resistencia al curvado 1-2-3-4 Cualquiera de las especificadas
- Propiedades eléctricas 0 No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos 4 Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua 3 Contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos 2 Protección interior y exterior media y compuestos
- Resistencia a la tracción 0 No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama 0 No declarada
- Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
 - Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
 - Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
 - Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
 - Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
 - En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
 - Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
 - No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS PAREDES.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS.

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS.

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCION.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles. Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas. Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

CONDUCTORES AISLADOS BAJO CANALES PROTECTORAS.

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

Característica Grado

Dimensión del lado mayor de ≤ 16 mm > 16 mm la sección transversal

- Resistencia al impacto Muy ligera Media

- Temperatura mínima de + 15 °C - 5 °C instalación y servicio

- Temperatura máxima de + 60 °C + 60 °C instalación y servicio
- Propiedades eléctricas Aislante Continuidad eléctrica/aislante
- Resistencia a la penetración 4 No inferior a 2 de objetos sólidos
- Resistencia a la penetración No declarada de agua
- Resistencia a la propagación No propagadora de la llama

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

5.4.2.7. CONDUCTORES AISLADOS BAJO MOLDURAS.

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V. Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm² serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

5.4.2.8. CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJA O SOPORTE DE BANDEJAS.

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52. El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de

las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

5.4.2.9. NORMAS DE INSTALACION EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELECTRICAS.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

5.4.2.10. ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

5.4.3. CONDUCTORES.

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

5.4.3.1. MATERIALES.

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
- Conductor: de cobre.
- Formación: unipolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
- Tensión de prueba: 2.500 V.
- Instalación: bajo tubo.
- Normativa de aplicación: UNE 21.031.
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
- Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
- Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
- Tensión de prueba: 4.000 V.
- Instalación: al aire o en bandeja.
- Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da

la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

5.4.3.2. DIMENSIONADO.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga.

Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT- 07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

5.4.3.3. IDENTIFICACION DE LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

5.4.3.4. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
-----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------

MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
-------------	-----	-------------

≤ 500 V	500	$\geq 0,50$
--------------	-----	-------------

> 500 V	1000	$\geq 1,00$
-----------	------	-------------

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

5.4.4. CAJAS DE EMPALME.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm.

Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja. Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaz de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

5.4.5. MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de toma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra. Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

5.4.6. APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.

5.4.6.1. CUADROS ELECTRICOS.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal. Los cuadros serán diseñados

para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente. Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente. El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de Bornes situada junto a las entradas de los cables desde el exterior. Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

5.4.6.2. INTERRUPTORES AUTOMATICOS.

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecargas de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro. La protección contra sobrecargas para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

5.4.6.3. GUARDAMOTORES.

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro. En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos. Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

5.4.6.4. FUSIBLES.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores. Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

5.4.6.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

1º La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:
Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD. Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos. El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$R_a \times I_a \cdot U$ donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

5.4.6.6. SECCIONADORES.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador. Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaz de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

5.4.6.7. EMBARRADOS.

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro. Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

5.4.6.8. PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS.

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

5.4.7. RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito. El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquellos puedan producir.

En este caso, el coeficiente será el que resulte. En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

5.4.8. RECEPTORES A MOTOR.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5

De 1,50 kW a 5 kW: 3,0

De 5 kW a 15 kW: 2

Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las

normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea. La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050.

Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie. Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.

- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estatórico sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

5.4.9. PUESTAS A TIERRA.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al

mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

5.4.9.1. UNIONES A TIERRA.

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022. El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto.

La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo Protegido mecánicamente No protegido mecánicamente

Protegido contra Igual a conductores 16 mm² Cu la corrosión protección apdo. 7.7.1 16 mm²
Acero Galvanizado No protegido contra 25 mm² Cu 25 mm² Cu la corrosión 50 mm² Hierro 50 mm²
Hierro

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

5.4.9.1. UNIONES A TIERRA.

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto.

La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo Protegido mecánicamente No protegido mecánicamente

Protegido contra Igual a conductores 16 mm² Cu la corrosión protección apdo. 7.7.1 16 mm² Acero Galvanizado

No protegido contra 25 mm² Cu 25 mm² Cu la corrosión 50 mm² Hierro 50 mm² Hierro

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección conductores fase (mm²) Sección conductores protección (mm²)

$S_f > 16$ S_f

$16 < S_f < 35$ 16

$S_f > 35$ $S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.

- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

5.4.10. INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

La paramenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

5.4.11. CONTROL.

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo.

Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos.

Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

5.4.12. SEGURIDAD.

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.

- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

5.4.13. LIMPIEZA.

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

5.4.14. MANTENIMIENTO.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

5.4.15. CRITERIOS DE MEDICION.

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de

Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones. En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapasa, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción. Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor. El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

Santa Cruz de Tenerife, Junio de 2015

Sergio Miguel Alonso Montañez
Graduado en Ingeniería Mecánica

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Estudio Básico de Seguridad y Salud

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Seguridad y salud

6. Estudio de seguridad y salud.....	214
6.1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud.....	218
6.2. Alcance del estudio básico de seguridad y salud.....	218
6.3. Memoria informativa.....	218
6.3.1. Metodología.....	218
6.3.2. Datos de la obra y antecedentes.....	219
6.3.3. Tipo de trabajos.....	220
6.3.4. Maquinaria y medios auxiliares.....	221
6.4. Medidas de prevención generales	222
6.4.1. Señalización.....	222
6.4.2. Iluminación.....	227
6.4.3. Señales óptico-acústicas de vehículos de obra.....	227
6.4.4. Circulación y accesos a la obra	228
6.4.5. Protecciones colectivas.....	229
6.4.6. Protecciones personales.....	230
6.4.7. Formación del personal sobre riesgos laborales.....	231
6.5. Riesgos y medidas preventivas	232
6.5.1. Acopio, armado e izado de estructuras y paneles.....	232
6.5.1.1. Evaluación de riesgos.....	232
6.5.1.2. Medidas preventivas a adoptar.....	232
6.5.2. Manejo manual de cargas	233
6.5.2.1. Evaluación de riesgos.....	234

6.5.2.2. Medidas preventivas a adoptar	235
6.5.3. Utilización de maquinaria de izado: grúas móviles.....	235
6.5.3.1. Evaluación de riesgos.....	235
6.5.3.2. Medidas preventivas a adoptar	236
6.5.4. Cuadros e instalaciones eléctricas.....	236
6.5.4.1. Evaluación de riesgos.....	236
6.5.4.2. Medidas preventivas a adoptar.....	237
6.5.5. Estructuras.....	237
6.5.5.1. Evaluación de riesgos.....	237
6.5.5.2. Medidas preventivas a adoptar	237
6.5.6. Balizamiento e instalación de protecciones.....	238
6.5.6.1. Evaluación de riesgos.....	238
6.5.6.2. Medidas preventivas a adoptar	238
6.5.7. Trabajos en altura en accesorios.....	238
6.5.7.1. Evaluación de riesgos.....	238
6.5.7.2. Medidas preventivas a adoptar	239
6.6. Obligaciones del promotor.....	241
6.6.1. Coordinadores en materia de seguridad y salud.....	241
6.6.2. Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	242
6.7. Obligaciones de los contratistas y subcontratistas.....	244
6.8. Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	245

6.9. Libro de incidencias.....	245
6.10. Paralización de los trabajos.....	246
6.11. Derechos de los trabajadores.....	246
6.12. Primeros auxilios y vigilancia de la salud.....	246
6.13. Plan de emergencia.....	247
6.13.1 Actuación en caso de accidente	248
6.13.2 Lucha contra incendios.....	248
6.13.3 Evacuación de los trabajadores.....	248
6.14. Normativa aplicable relativa a seguridad y salud.....	248

6.1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud (E.S.S.) tiene como objeto disminuir los riesgos de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como disminuir sus consecuencias en razón del cumplimiento de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y la normativa que la desarrolla. Todo ello, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades precisas para establecer un adecuado nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

Éste ha de servir de base para que las Empresas Contratistas y cualesquiera otras que participen en la ejecución de las obras a que hace referencia el proyecto en el que se encuentra incluido este estudio, las lleven a efecto en las mejores condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que ordena en su articulado el R.D. 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud.

6.2. Alcance del estudio básico de seguridad y salud

El presente estudio contiene todas las medidas preventivas aplicables a los riesgos derivados de los trabajos a realizar para la puesta en marcha del presente proyecto.

El Estudio básico de Seguridad y Salud, debe servir también de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior. En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este estudio.

6.3. Memoria informativa

6.3.1. Metodología

Se identificarán todos los posibles riesgos, eliminables o no, estableciendo las medidas preventivas que sea posible aplicar. Dichos riesgos se clasificarán por “factores de riesgo” asociados a las distintas operaciones que se realizarán en la obra.

6.3.2. Datos de la obra y antecedentes

Denominación:

Estudio de climatización del edificio principal de la escuela politécnica superior de ingeniería, sección de náutica, máquinas y radioelectrónica naval.

Plazo de ejecución previsto:

Se tiene programado un plazo de ejecución de 30 días laborables, si la meteorología acompaña y se coordina adecuadamente el trabajo de todos los participantes en la obra.

Número de trabajadores:

Se estima que el número de trabajadores que operarán en la obra será de unos 4. Los cuales, en su conjunto, habrán de sumar los siguientes oficios:

Jefe de equipo.

Montador de equipos de climatización

Soldador.

Cableador y conexionista.

Pintor.

Gruísta y maquinista.

Especialista en acabados diversos.

Ayudantes.

Jefe de obra.

Técnico de calidad y medio ambiente.

Técnico de prevención de riesgos laborales.

Accesos:

Se habilitará una escalera externa al edificio que permita acceder a la cubierta de éste. Dicha escalera estará anclada a la estructura de la facultad de manera que quede convenientemente fijada. Así mismo, se instalará una línea de vida por cada uno de los cuatro tramos de cubierta en los que habrá que trabajar que permita asegurar a los operarios que realicen trabajos en estos.

Climatología del lugar:

El clima de la zona presenta inviernos y veranos moderadamente cálidos. Esto supondrá unas condiciones climatológicas óptimas, lo cual habrá que tener en cuenta a la hora de definir los riesgos laborales.

Uso anterior de la cubierta:

La cubierta no tenía ningún uso previo.

6.3.3. Tipo de trabajos

El proyecto plantea la instalación climatización en el interior y exterior de la facultad de Ingeniería Náutica. Algunos de los equipos son pesados y su instalación comprende tanto elementos mecánicos (anclajes), como eléctricos (cableado).

Es de esperar que sea necesario realizar las siguientes actividades:

Acopio, armado e izado de estructuras, equipos de climatización y medios auxiliares.

Manejo manual de cargas.

Utilización de maquinaria de izado: grúas móviles.

Instalación de cuadros eléctricos y cableados.

Trabajos en estructuras y cubierta.

Balizamiento e instalación de protecciones.

Trabajos en altura en accesorios.

Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.

6.3.4. Maquinaria y medios auxiliares

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevén utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio son aquellos que se relacionan a continuación:

Equipamiento:

Camión de transporte.

Grúa móvil.

Camión grúa

Pistolas de fijación.

Taladradoras de mano.

Radiales y esmeriladoras.

Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.

Martillo rompedor y picador.

Medios auxiliares:

Andamios sobre borriquetas.

Andamios metálicos modulares.

Escaleras de tijera.

Cuadros eléctricos auxiliares.

Instalaciones eléctricas provisionales.

Herramientas de mano.

Bancos de trabajo.

Equipos de medida:

Comprobador de secuencia de fases.

Medidor de aislamiento.

Medidor de tierras.

Pinzas amperimétricas.

6.4. Medidas de prevención generales

6.4.1. Señalización

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Paneles de señalización:

- Señales de advertencia

Forma: Triangular

Color de fondo: Amarillo

Color de contraste: Negro

Color de Símbolo: Negro

- Señales de prohibición:

Forma: Redonda

Color de fondo: Blanco

Color de contraste: Rojo

Color de Símbolo: Negro

- Señales de obligación:

Forma: Redonda

Color de fondo: Azul

Color de Símbolo: Blanco

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:

Forma: Rectangular o cuadrada

Color de fondo: Rojo

Color de Símbolo: Blanco

- Señales de salvamento o socorro:

Forma: Rectangular o cuadrada

Color de fondo: Verde

Color de Símbolo: Blanco

Cinta de señalización:

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los anteriores paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

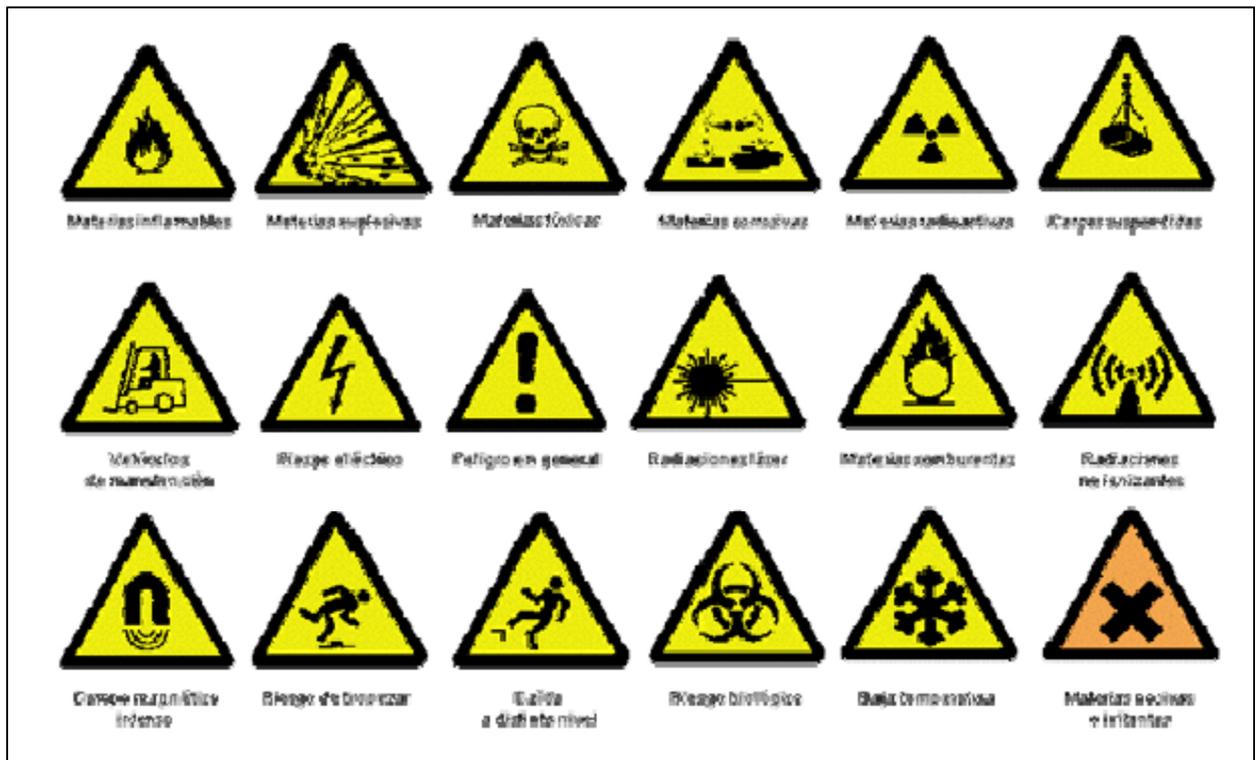


Figura 1: señalizaciones de peligro



Figura 2: señalizaciones de prohibición.

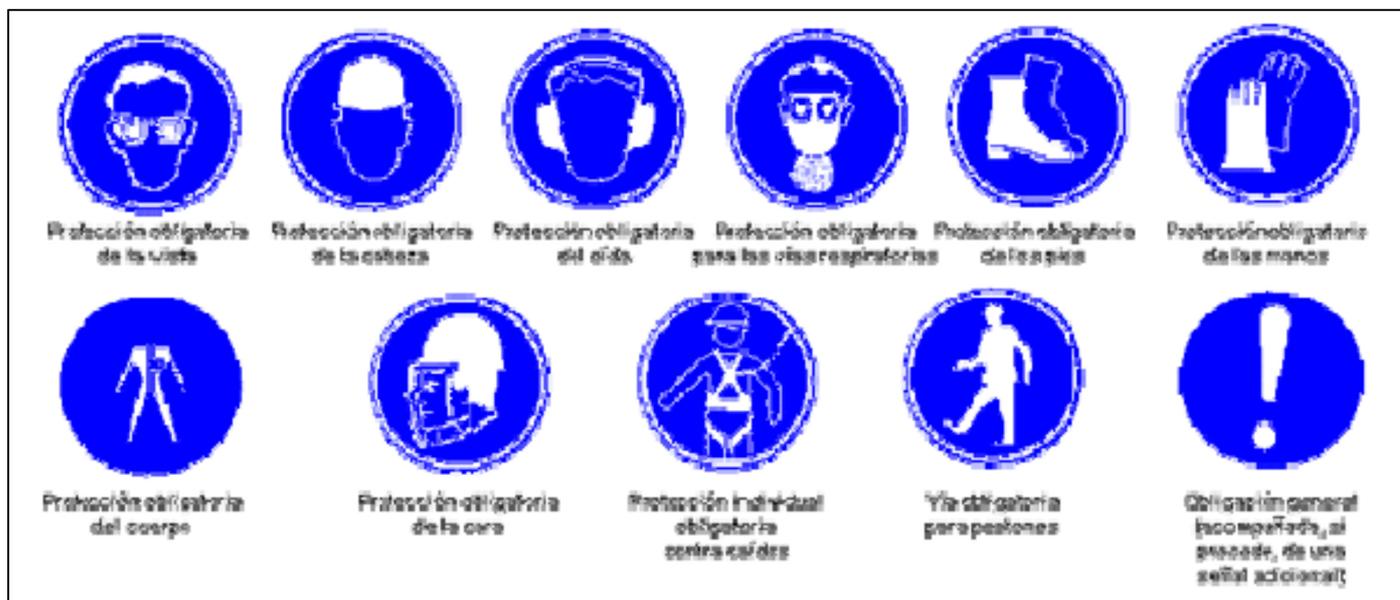


Figura 3: Señalizaciones EPIs obligatorias

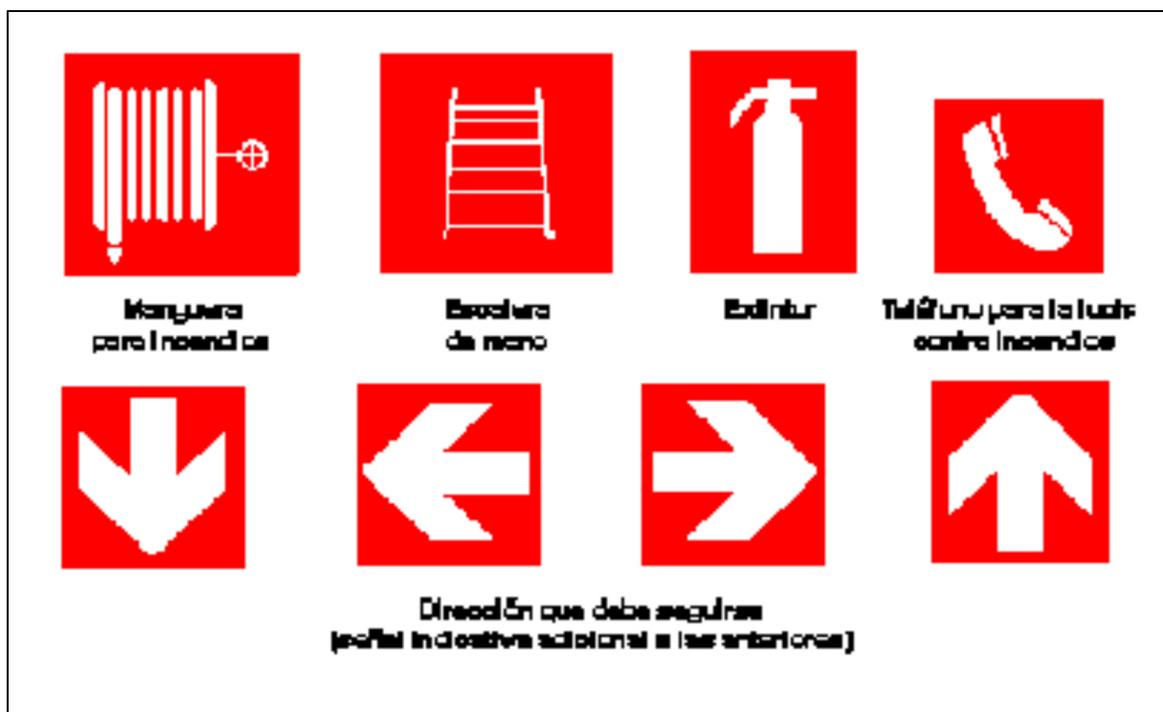


Figura 4: Señalizaciones relativas a luchas contra incendios



Figura 5: Señalización de salvamento o socorro



Figura 6: Señalización de salvamento o socorro

6.4.2. Iluminación

Cumplirá el anexo IV del RD 486/97, que establece las condiciones mínimas de iluminación en función de la zona de trabajo:

ZONA		Nivel de iluminación mínimo (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	Baja exigencia visual	100
	Exigencia visual moderada	200
	Exigencia visual alta	500
	Exigencia visual muy alta	1000
Áreas o locales de uso ocasional		25
Áreas o locales de uso habitual		100
Vías de circulación de uso ocasional		25
Vías de circulación de uso habitual		50

Tabla 1: Valores de Iluminación

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.

En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad. No se permitirá ningún tipo de iluminación basado en llama.

6.4.3. Señales óptico-acústicas de vehículos de obra

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de mantenimiento deberán disponer de:

Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, en cumplimiento del anexo IV del RD 485/97.

Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás (anexo I del RD 1215/97).

Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.

Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.

Dispositivo de balizamiento de posición y pre señalización (laminas, conos, cintas, mallas, lámparas destellantes, etc.).

Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra.

6.4.4. Circulación y accesos a la obra

En lo referente a circulación por la obra y los accesos a la misma, se aplicará lo indicado en el artículo 11 del anexo IV del RD 1627/97.

Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.

En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactadas y niveladas.

Si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel.

Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento.

Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.

El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 Km./h. y ceda el paso.

Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.

En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.

Las maniobras de camiones y hormigoneras deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

6.4.5. Protecciones colectivas

Protección mecánica en huecos para evitar riesgos de caídas.

En cada tajo colocar un extintor portátil de polvo polivalente.

Mamparas opacas para aquellos puestos de trabajo que generen riesgo de proyecciones (por partículas o por arco de soldadura) a terceros.

Uso de lona ignífuga para cubrir los materiales combustibles que estén próximos a los trabajos de proyecciones incandescentes, otra medida es retirarlos a otra zona de acopio de materiales.

Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.

Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente, recolocándolos en las instalaciones preparadas para ello o en las zonas de acopio de materiales o acopio de residuos.

6.4.6. Protecciones personales

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

Casco.

Pantalla facial transparente.

Pantalla de soldador con visor abatible y cristal de inactínico.

Mascarillas faciales según necesidades.

Guantes de varios tipos.

Cinturón de seguridad.

Absorbedores de energía.

Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.

Gafas (contra impactos, viruta, etc.).

Calzado de seguridad adecuado para cada uno de los trabajos.

Protección auditiva.

Ropa de trabajo.

Toda protección personal (EPIs), deberán cumplir los siguientes requisitos:

Marcado CE. Dispondrán del certificado y del sello de forma visible.

Se registrarán por la normativa (RD 773/1997), cumpliendo así lo establecido en la normativa europea (Directiva 89/656/CE).

6.4.7. Formación del personal sobre riesgos laborales

La finalidad de la prevención de Riesgos Laborales en su aplicación en trabajos de riesgo especial es la acción de informar y formar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar y asimismo, darles a conocer de las técnicas preventivas y mantener la seguridad de todo el personal. Prueba de ello es lo establecido en el Convenio Colectivo del sector de la Construcción del 2007, con la novedad de impartir clases magistrales de prevención de riesgos laborales.

Por lo tanto, cada operario que participe en la obra aquí descrita deberá estar formado e informado de los riesgos que trae consigo la ejecución de sus trabajos y de las medidas o técnicas preventivas a aplicar para evitarlos, o en su defecto, disminuir sus consecuencias.

Asimismo cada uno de ellos deberá probar que posee dicha cualificación en virtud de la siguiente documentación:

Certificado de información de los riesgos del trabajo a ejecutar.

Certificación de los riesgos de los trabajos que se vayan a ejecutar en la misma obra y al mismo tiempo.

Certificado de la asistencia al curso de formación de Prevención de Riesgos Laborales, de carácter general, y del riesgo específico que deriven el trabajo a ejecutar (constarán las horas del mismo, el temario y el diploma).

6.5. Riesgos y medidas preventivas

6.5.1. Acopio, armado e izado de estructuras y paneles

6.5.1.1. Evaluación de riesgos

Cabe esperar que puedan darse los siguientes riesgos:

- Accidentes derivados del manejo de vehículos.
- Daños ocasionados por máquinas de obra civil y auxiliar.
- Daños ocasionados por maquinaria de izado.
- Daños por sobreesfuerzos y atrapamientos.
- Daños ocasionados por caídas de objetos durante su manipulación.
- Caídas de personas a distinto nivel (caídas de altura) y caídas al mismo nivel.
- Daños por proyección de esquirlas.
- Riesgo de quemaduras.
- Daños ocasionados por derrumbes y desplomes en los trabajos sobre la cubierta de la nave.
- Daños ocasionados por descargas atmosféricas.

6.5.1.2. Medidas preventivas a adoptar

En primer lugar, se realizarán inspecciones constantes y exhaustivas de todos los medios a emplear, siendo desechados todos aquellos que ofrezcan alguna duda en cuanto a su seguridad.

Las medidas de prevención que se emplearán son:

Todo aquel que conduzca un vehículo estará en posesión del carnet de conducir en regla.

El tráfico de maquinaria y vehículos estará controlado convenientemente, especialmente durante las operaciones de carga y descarga de material, en cumplimiento de la instrucción relativa a la utilización de maquinaria de obra civil y auxiliares.

Se seguirá la instrucción relativa a la utilización de herramientas y maquinaria de izado y arriestrado.

Se seguirá la instrucción relativa al manejo manual de cargas.

Para trabajos al nivel del suelo se utilizarán las siguientes protecciones: casco de seguridad, guantes de trabajo y calzado de seguridad.

El acopio de materiales se realizará en una zona estable y la altura de estos no deberá superar los 1,5 metros de manera que no se produzcan derrames o vuelcos. Cuando sea necesario almacenarlos a una altura superior se adoptarán las medidas extraordinarias que sean necesarias (sujeciones, calzos, análisis de la distribución y asentamiento del material, etc.).

La base sobre la que se asienten los materiales acopiados será apropiada para el peso que se colocará encima.

En materiales voluminosos cilíndricos (tubos y bobinas de cable) se utilizarán calzos para su inmovilización.

Las zonas de paso estarán libres de materiales o residuos y deberán estar bien definidas, mediante señales si fuera necesario.

Para la realización de trabajos en altura el equipo individual incluirá cinturón y sistema anti-caída. En la realización de dichas operaciones, y especialmente en ascensos, descensos y desplazamientos, el trabajador estará permanentemente sujeto.

Las herramientas que se utilicen en la cubierta siempre irán dentro de las bolsas portaherramientas. Se evitarán en lo posible trabajos simultáneos en la misma vertical. Si esto no se pudiera evitar, se dispondrían de las medidas de seguridad necesarias para dicha situación, estando en todo caso, advertidos los operarios de dicha circunstancia. En todo caso, se seguirá la instrucción relativa a la utilización de accesorios de trabajos en altura.

Cuando se realicen operaciones que produzcan viruta o cualquier otro tipo de residuo de pequeño tamaño, el operario utilizará gafas de protección. Para evitar incendios, especialmente ante operaciones de soldado o de corte, se establecerán las medidas de protección y prevención oportunas (pantallas de protección, cortafuegos, vías de agua, etc.)

Se seguirá la instrucción relativa a trabajos sobre cubiertas de edificios.

Durante los trabajos de izado, la estructura metálica deberá estar conectada permanentemente a una toma de tierra temporal. En caso de tormenta, temporal o fuerte viento el responsable de los trabajos de izado suspenderá los mismos hasta que las condiciones mejoren.

6.5.2. Manejo manual de cargas

6.5.2.1. Evaluación de riesgos

Pueden darse los siguientes riesgos:

Esfuerzo excesivo.

Posición incorrecta del operario u operarios.

Daños por golpes o cortes.

6.5.2.2. Medidas preventivas a adoptar

En lo referente al levantamiento, transporte, manipulación, etc. de materiales y herramientas se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

La manipulación de objetos se realizará de forma racional, debiendo evitarse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. En caso de cargas superiores a los 50 kg se usarán siempre medios mecánicos.

El levantamiento de cargas se realizará de manera adecuada para evitar lesiones de espalda (flexionando las rodillas y con la espalda recta). La operación se realizará despacio, agarrando con firmeza y de manera que los dedos no queden atrapados en la descarga.

Se utilizarán guantes siempre que se manipule cualquier objeto potencialmente peligroso (pesado, con aristas vivas, astillas, nudos, superficies sucias o resbaladizas, etc.).

La carga se transportará de manera que no impida la visión.

6.5.3. Utilización de maquinaria de izado: grúas móviles

6.5.3.1. Evaluación de riesgos

Los riesgos más frecuentes relacionados con este tipo de maquinaria son:

Accidentes derivados del manejo de vehículos.

Daños por impactos sobre personas.

Riesgos derivados de la propia maquinaria.

Contactos eléctricos con líneas aéreas.

6.5.3.2. Medidas preventivas a adoptar

Se observarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se utilizará una grúa de características adecuadas en cuando a fuerza de elevación y estabilidad para las cargas que deberá alzar.

- Los materiales que sean elevados por la grúa estarán libres de todo esfuerzo aparte de su propio peso.

- En su transporte o elevación, se inmovilizará la carga de manera que no se pueda caer. Los ganchos de la grúa deberán tener pestillo de seguridad.

- Antes de elevar cualquier objeto se comprobará que los apoyos telescópicos de la grúa están desplegados y convenientemente apoyados. Dichos estabilizadores se apoyarán en tablones o traviesas de reparto.

- En caso de que por falta de espacio sea imposible desplegar los brazos telescópicos se deberán cumplir las siguientes condiciones:

Exacto conocimiento del peso de la carga.

Garantía del suministrador de que la máquina tiene la estabilidad suficiente para la operación en concreto que realizará (teniendo en cuenta el peso y los ángulos de trabajo en los que se situará la pluma).

Se procurará que no haya personas en la zona por debajo de la carga.

- La grúa estará al corriente de todas las operaciones de mantenimiento preventivo aconsejadas por el fabricante.

- El operario de la grúa observará las siguientes directrices:

Evitar oscilaciones pendulares de la carga.

Antes de operar la grúa se asegurará de que el vehículo tiene calzadas sus ruedas y los estabilizadores dispuestos.

Si el operario no viera la carga desde su puesto, otra persona se encargaría de señalar los movimientos requeridos.

En caso de que existan líneas eléctricas aéreas próximas, se extremará la precaución en el movimiento de la grúa.

6.5.4. Cuadros e instalaciones eléctricas

6.5.4.1. Evaluación de riesgos

El principal riesgo en este aspecto es el contacto eléctrico directo o indirecto con corriente eléctrica o elementos en tensión.

6.5.4.2. Medidas preventivas a adoptar

Las tomas de corriente que se usen para enchufar herramientas o máquinas eléctricas estarán alojadas en cuadros eléctricos con protección IP-65 como mínimo.

Dichos cuadros dispondrán de puesta a tierra, diferenciales de 30 ó 300 mA (para herramientas eléctricas portátiles o para circuitos de fuerza, respectivamente).

Habrán así mismo protecciones magnetotérmicas.

6.5.5. Estructuras

Para soportar los paneles se utiliza una estructura a base de perfiles especiales de la marca comercial HILTI. En este apartado se contemplan los riesgos relacionados con dichos elementos y su montaje.

6.5.5.1. Evaluación de riesgos

Es posible que tengan lugar algunos de los siguientes riesgos:

- Cortes en las manos.
- Caídas de objetos a distinto nivel.
- Golpes en manos, pies y cabeza.
- Electrocuciones por contacto indirecto.
- Caída al mismo nivel.

6.5.5.2. Medidas preventivas a adoptar

Las herramientas de mano irán enganchadas con mosquetón para evitar su caída.

Se habilitarán espacios para situar los materiales.

Las maniobras de ubicación de la armadura serán realizadas por tres operarios: dos controlando el elemento mediante cuerdas sujetas a sus extremos y otro guiando la operación.

Ningún operario permanecerá debajo de elementos suspendidos o de zonas en las que se estén realizando soldaduras.

El Equipo de Protección Individual incluirá casco, calzado con suela reforzada y arnés de seguridad.

6.5.6. Balizamiento e instalación de protecciones

6.5.6.1. Evaluación de riesgos

Este apartado se refiere a operaciones de balizamiento en las que se realizarán tareas de pintado e instalación de elementos eléctricos en altura. Esto puede dar lugar a los siguientes riesgos:

Daños por sobreesfuerzos y atrapamientos.

Daños por caídas de objetos.

Caída de personas a distinto y al mismo nivel.

Irritaciones o intoxicaciones provocadas por pinturas u otros productos utilizados en el pintado de superficies.

Daños por derrumbes y desplomes en trabajos sobre la cubierta del edificio.

Daños por descargas atmosféricas o condiciones climatológicas adversas.

Riesgo de exposición a radiaciones no ionizantes.

6.5.6.2. Medidas preventivas a adoptar

Los trabajos serán realizados por operarios especializados.

Se utilizará arnés de seguridad tanto en las subidas y bajadas como en las operaciones en la cubierta.

Las herramientas irán en las bolsas correspondientes y tendrán sistemas anticaída con mosquetón.

Será obligatorio el uso de casco en la zona de la obra.

Se observarán el resto de indicaciones para trabajos en altura anteriormente comentadas.

6.5.7. Trabajos en altura en accesorios

6.5.7.1. Evaluación de riesgos

Cuando se utilicen plataformas de trabajo, escaleras de mano y andamios para los trabajos en altura es posible que existan los siguientes riesgos:

Daños por caída de objetos mientras se manipulan.

Caída de personas a distinto nivel.

6.5.7.2. Medidas preventivas a adoptar

Las plataformas de trabajo deberán cumplir los siguientes requerimientos:

Ser un conjunto estructuralmente rígido, resistente y estable.

- Disponer de barandillas resistentes de 0,90 metros cuando la base de trabajo se encuentre a más de 2 metros de altura.
- El ancho mínimo de la plataforma será de 0,40 metros.
- Las torretas de andamio con ruedas sólo se utilizarán en superficies completamente lisas y horizontales.
- Éstas sólo se moverán cuando no haya nadie trabajando en ellas.
- Las ruedas deberán tener mecanismos de inmovilización.
- Para alturas menores de 7,5 metros deberán cumplirse que el lado menor de la base sea al menos 1/5 de la altura del andamio. Para alturas de entre 7,5 y 15 metros su menor lado en cualquier planta deberá ser 1/5 de la altura total. En alturas mayores de 15 metros no se utilizarán torretas de andamio móviles.
- Las escaleras de mano deberán utilizarse de acuerdo con las siguientes medidas:
- Se deberán apoyar en superficies perfectamente horizontales y estables.
- La escalera debe ser al menos 1 metro más alta que la altura a la que se quiere llegar.
- Al subir y bajar las manos deberán estar libres para apoyarse en la escalera.
- Siempre se subirá o bajará de cara a la escalera, nunca de espaldas.
- No se permitirá que haya subida más de una persona en cada momento a la escalera.
- En los apoyos la superficie será antideslizante.
- Se inmovilizará la parte superior de la escalera para evitar posibles separaciones.
- En escaleras de tijera deberá haber una cadena que una ambos lados, evitando la apertura accidental de las dos partes.
- Sólo se utilizarán escaleras con una resistencia y altura adecuada.
- Sólo se empalmarán escaleras que dispongan de dispositivos específicos para ello.

- En alturas superiores a 7 metros se inmovilizarán las escaleras en su parte superior y será necesario el uso de elementos de seguridad anti caída atados a un sistema independiente de la escalera.
- En caso de apoyar sobre un poste, la escalera se sujetará mediante abrazaderas.
- Sólo se utilizarán escaleras en perfecto estado y que no presenten defectos visibles, especialmente las de madera, que deberán estar pintadas con barnices transparentes que permitan ver los posibles defectos.
- Los andamios de borriquetes deberán cumplir con las siguientes medidas de seguridad:
- La superficie de apoyo será lisa y horizontal, sin elementos de apoyo improvisado e inestable.
- La distancia máxima entre borriquetes será de 3,5 metros para plataformas de tableros de espesor mínimo de 50 mm.
- Sólo se utilizará este tipo de andamio para estructuras de poca entidad.
- No se cargarán con materiales de peso superior a 50 kg, evitando otros posibles sobrepesos.
- El ancho mínimo de la base de trabajo será de 60 cm.
- Si el andamio supera los 2 metros de altura deberá incorporar barandillas rígidas en todo su perímetro.
- Si se superan los 3 metros de altura, las borriquetas irán arriostradas.
- Las borriquetas de tijera llevarán cadena para evitar que se abran.
- En cuanto a los andamios tubulares, las medidas específicas son las siguientes:
- El equipo individual incluirá todos los elementos mencionados para trabajos en altura (casco, botas con puntera reforzada y suela antideslizante, guantes, bolsa de herramientas y arnés o cinturón de seguridad).
- Cada tramo de andamio irá arriostrado en su diagonal.
- La construcción del andamio se hará de forma uniforme, evitando que algunas partes se eleven exageradamente respecto de otras.
- Como norma general se pondrá un anclaje cada 3 metros en el frente de trabajo y cada 6 metros en horizontal, no construyéndose ningún otro tramo antes de anclar la parte anterior.
- Se observará cada pieza en busca de posibles defectos, desechándose si presentara golpes, grietas u óxido.
- La superficie de apoyo será lisa, resistente y horizontal. Se utilizarán bloques de madera y placas de reparto en los puntos de apoyo, y husillos de nivelación en caso de que fueran necesarios.
- La carga máxima sobre la plataforma será en principio de 250 kg, incluyendo el peso de 2 personas.

- La separación máxima respecto del elemento vertical junto al que está el andamio será de 45 cm.
- En caso de que se usen redes de seguridad, habrá de tenerse en cuenta el posible efecto vela de éstas, reforzándose los anclajes si fuera necesario.
- En el desmontaje nunca se quitará un anclaje antes que el correspondiente cuerpo del andamio
- En caso de haber red de seguridad, ésta se quitará en primer lugar.

6.6. Obligaciones del promotor

El promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, lo cual no le excluirá de sus responsabilidades.

Antes del comienzo de las obras deberá avisar a la autoridad laboral de la misma.

6.6.1. Coordinadores en materia de seguridad y salud

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:
- Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra

- La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

6.6.2. Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo

En aplicación del Estudio de Seguridad y Salud o, en su caso, del Estudio básico, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio o Estudio Básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, conociendo cómo va a ejecutarse la obra (medios materiales y humanos, sistemas de ejecución, etc.).

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico (incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total).

El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo incluirá una memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

Constará también de pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así

como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

El plan contendrá los planos en los que se desarrollen los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.

Dispondrá de mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.

Por último, contendrá el presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

Dicho estudio deberá formar parte del proyecto de ejecución de obra o, en su caso, del proyecto de obra, ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra.

El presupuesto para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud deberá cuantificar el conjunto de gastos previstos, tanto por lo que se refiere a la suma total como a la valoración unitaria de elementos, con referencia al cuadro de precios sobre el que se calcula. Sólo podrán figurar partidas alzadas en los casos de elementos u operaciones de difícil previsión.

Las mediciones, calidades y valoración recogidas en el presupuesto del estudio de seguridad y salud podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud, previa justificación técnica debidamente motivada, siempre que ello no suponga disminución del importe total ni de los niveles de protección contenidos en el estudio. A estos efectos, el presupuesto del estudio de seguridad y salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo.

No se incluirán en el presupuesto del estudio de seguridad y salud los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

El estudio de seguridad y salud deberá tener en cuenta, en su caso, cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, debiendo estar localizadas e identificadas las zonas en las que se presten trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del anexo II del RD 1627/97, así como sus correspondientes medidas específicas.

En todo caso, en el estudio de seguridad y salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

6.7. Obligaciones de los contratistas y subcontratistas

El contratista y los subcontratistas están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

- Mantener el orden y la limpieza en la obra.
- Elegir adecuadamente el emplazamiento de puestos y áreas de trabajo, y las vías o zonas de circulación.
- La manipulación de materiales y utilización de medios auxiliares.
- El control y mantenimiento de dispositivos usados en la obra.
- La delimitación de zonas de almacenamiento.
- La recogida de materiales peligrosos, así como residuos y escombros.
- La delimitación en el tiempo de las distintas tareas y fases de la obra.
- Cumplir y hacer cumplir lo especificado en el Plan de Seguridad y Salud.
- Aplicar el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en lo que se refiere a disposiciones de seguridad y salud en la obra, así como las disposiciones del anexo IV del RD 1627/97.
- Informar adecuadamente a los trabajadores autónomos de las medidas pertinentes.
- Atender las indicaciones del coordinador de seguridad y salud o, en su caso, de la dirección facultativa de la obra.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables de aplicar las medidas del Estudio de Seguridad y Salud que les afecten directamente a ellos, y de encargarse de que los autónomos contratados por ellos apliquen las que les afecten a ellos.

6.8. Obligaciones de los trabajadores autónomos

Al igual que ocurría con los contratistas y los subcontratistas, los autónomos deben observar el cumplimiento del artículo 15 de de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

Todas aquellas tareas descritas en el apartado anterior que les sean encargadas por la empresa contratista.

Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el RD 1215/97, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Elegir y utilizar equipos de protección individual de acuerdo con el RD 773/97.

6.9. Libro de incidencias

En la obra estará presente un libro de incidencias del que se ocupará el coordinador en materia de seguridad y salud (o la dirección facultativa, en su caso). Éste presentará hojas por duplicado y será facilitado por el colegio profesional que hay avisado el Estudio de Seguridad y Salud. En él se harán anotaciones relativas al control y seguimiento del citado estudio.

Tendrán acceso a este libro las siguientes personas o entidades:

Dirección facultativa de la obra.

Contratistas.

Subcontratistas.

Trabajadores autónomos.

Personas y órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas participantes en la obra.

Representantes de los trabajadores.

Técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes.

En caso de que se realizase una anotación en el libro de incidencias, ésta sería remitida en un plazo de menos de 24 horas a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra. Por otro lado, se notificará al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

6.10. Paralización de los trabajos

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de los trabajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

6.11. Derechos de los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

El contratista facilitará una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

6.12. Primeros auxilios y vigilancia de la salud

Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Esto supone, como mínimo:

Botella de alcohol (500 cc).

Botella de agua oxigenada (500 cc).

Frasco de antiséptico (Betadine o similar).

Gasas estériles (10 sobres de 5 gasas cada uno).

Rollo de esparadrapo.

Caja de tiritas (30 unidades).

Vendas de tamaño grande (6 rollos).

Vendas de tamaño pequeño (6 rollos).

Vendas elásticas de tamaño grande (2 rollos).

Caja de comprimidos de Paracetamol de 500 mg.

Fármaco espasmolítico.

Tubo de crema antiinflamatoria.

Tubo de crema para quemaduras.

Tijeras.

El botiquín será revisado y repuesto si fuera necesario semanalmente.

Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

Reconocimiento médico:

Todo personal que empieza a trabajar en obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el período de un año. A pesar de ello, se velará por el respeto a la intimidad y la dignidad del trabajador, así como por la confidencialidad de toda la información médica.

6.13. Plan de emergencia

6.13.1. Actuación en caso de accidente

Cuando ocurra algún accidente que precise de asistencia facultativa el jefe de obra de la contrata principal llevará a cabo una investigación del mismo y realizará un informe del mismo que entregará a la dirección facultativa de la obra al día siguiente del accidente como tarde. En él se incluirán al menos los siguientes datos:

Nombre y categoría laboral del accidentado.

Fecha, hora y lugar del accidente.

Descripción del mismo.

Causas.

Medidas preventivas para evitar su repetición.

Fechas tope para la realización de dichas medidas.

La dirección facultativa podrá aprobar dicho informe o plantear medidas complementarias a las mencionadas en éste.

6.13.2. Lucha contra incendios

Se dispondrá de extintores en cada vehículo así como en otras zonas de libre acceso para los trabajadores. Estos serán adecuados para los tipos de fuegos que previsiblemente puedan darse en la obra y estarán cargados y revisados convenientemente.

6.13.3. Evacuación de los trabajadores

El encargado de obra o el vigilante de seguridad facilitarán en cada momento una relación de servicios próximos al lugar de trabajo en la que se incluyan los datos de los centros asistenciales más próximos así como los teléfonos de interés en caso de emergencia (bomberos, ambulancias, taxis, etc.)

6.14. Normativa aplicable relativa a seguridad y salud

Básica:

Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, con las modificaciones previstas en la Ley 54/2003 y, en general, aquellas disposiciones de carácter normativo que la desarrollan.

Real Decreto 1627/1997, que regula las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

Real Decreto 171/2004, regulador de la organización de la coordinación de las actividades preventivas.

Ley 32/2006, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y asimismo el Reglamento 1109/2007 que desarrolla dicha disposición normativa.

Convenio colectivo nacional del sector de la construcción del 2007 (en materia de Información y Formación en materia preventiva según el tipo de trabajo a realizar).

Real Decreto 1971/2007, que regula el Código Técnico de Edificación, en todo aquello que afecte al Plan de Autoprotección del Edificio en relación con el uso que se da a la instalación.

General:

Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Ley 54/2003.

Reglamento de los Servicios de Prevención. RD 39/97.

Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral. RD 485/97.

Modelo de libro de incidencias. Orden del 20-09-86.

Modelo de notificación de accidentes de trabajo. Orden 16-12-87.

Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Orden 20-05-52.

Cuadro de enfermedades profesionales. RD 1995/78.

Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Orden 09-03-71.

Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones. Orden 31-08-87.

Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. RD 1316/89.

Disposiciones mínimas de seguridad y salud sobre manipulación manual de cargas. RD 487/97.

Estatuto de los trabajadores. Ley 8/80.

Regulación de la jornada laboral. RD 2001/83.

Formación de comités de seguridad. RD 423/71.

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos. RD 374/2001.

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. RD 614/2001.

Disposiciones de aplicación de la directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. RD 1435/92.

Ley de la edificación 38/99.

Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. RD 2177/2004.

Equipos de protección individual (EPI):

Condiciones comerciales y libre circulación de EPI (Directiva 89/686/CEE). RD 1407/92.

Disposiciones mínimas de seguridad y salud de equipos de protección individual. RD 773/97.

EPI contra caída de altura. UNE-EN-341.

Requisitos y métodos de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo. UNE-EN-344/A1.

Especificaciones calzado seguridad uso profesional. UNE-EN-345/A1.

Especificaciones calzado protección uso profesional. UNE-EN-346/A1.

Especificaciones calzado trabajo uso profesional. UNE-EN-347/A1.

Instalaciones y equipos de obra:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud para utilización de los equipos de trabajo. RD 1215/97.

MIE-BT-028 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Orden 31-10-73.

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA,
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

Mediciones y presupuesto

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

AUTOR

Sergio Miguel Alonso Montañez

Índice Mediciones y Presupuesto:

7. Mediciones y Presupuesto.....251
7.1 Desglose presupuesto.....253
7.2 Resumen Presupuesto.....259

Obra: Presupuesto General						
Presupuesto						% C.I. 3
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
PRESUPUESTO	Capítulo		Presupuesto General		155.829,62	155.829,62
O						
CAP.01	Capítulo		CLIMATIZACIÓN		146.971,28	146.971,28
1,1	Partida	Ud	Unidad exterior de condensación	6,000	7.456,10	44.736,60
			Unidad exterior de aire acondicionado, sistema multi-split, para gas R-410A, bomba de calor.			
1101	Material	Ud	Unidad exterior de aire acondicionado, sistema multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 15 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), con compresor con tecnología Inverter, nivel sonoro 54 dBA, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio).Marca Daikin modelo RXYSQ6P8.	1,000	7.063,000	7.063,00
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	1,002	17,820	17,86
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	1,002	16,100	16,13
%		%	Medios auxiliares	2,000	7.096,990	141,94
			1,1	6,000	7.456,10	44.736,60
1,2	Partida	Ud.	Unidad interior de climatización tipo split	12,000	2.444,87	29.338,44
			Unidad interior sistema split 1x1, de pared, para gas R-410A, bomba de calor.			
1201	Material	Ud	Unidad interior sistema split 1x1, de pared, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 8 kW (temperatura de bulbo seco en el interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo en el interior 19°C, temperatura de bulbo seco en el exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo en el exterior 24°C), SEER = 7 (clase A++), SCOP = 4,1 (clase A+), EER = 4,55 (clase A), COP = 4,35 (clase A), formado por una unidad interior de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 21 dBA-.Marca Daikin, modelo TXG50LW o similar.	1,000	1.511,000	1.511,00
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	24,060	17,820	428,75
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	24,060	16,100	387,37
%3		%	Medios auxiliares	2,000	2.327,120	46,54
			1,2	12,000	2.444,87	29.338,44
1,3	Partida	Ud	Cajas de distribución	6,000	302,49	1.814,94
			Unidades de distribución (cajas de distribución) de tuberías de líquido/gas. Marca Daikin modelo BPMKS967A2			
1301	Material	Ud	Unidades de distribución (cajas de distribución) de tuberías de líquido/gas. Marca Daikin modelo BPMKS967A2	1,000	254,000	254,00
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	1,000	17,820	17,82
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	16,100	16,10
%3		%	Medios auxiliares	2,000	287,920	5,76
			1,3	6,000	302,49	1.814,94
1,4	Partida	Ud	Línea frigorífica	1,000	15.004,73	15.004,73

			Línea frigorífica doble realizada con tubería para gas mediante tubo de cobre sin soldadura, de 1/2" de diámetro y 0,8 mm de espesor con coquilla de espuma elastomérica, de 13 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor y tubería para líquido mediante tubo de cobre sin soldadura, de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con coquilla de espuma elastomérica, de 7 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor.			
1401	Material	mL	Tubería Líquido,Tubo de cobre sin soldadura, de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor, según UNE-EN 12735-1.	428,000	3,000	1.284,00
1402	Material	mL	Aislamiento Líquido,Coquilla de espuma elastomérica, de 7 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible, de estructura celular cerrada.	449,400	7,960	3.577,22
1403	Material	l	Adhesivo para coquilla elastomérica.	9,000	11,680	105,12
1404	Material	mL	Tubo de cobre sin soldadura, de 1/2" de diámetro y 0,8 mm de espesor, según UNE-EN 12735-1.	428,000	4,660	1.994,48
1405	Material	mL	Aislamiento gas.Coquilla de espuma elastomérica, de 13 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible, de estructura celular cerrada.	449,400	9,800	4.404,12
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	86,000	17,820	1.532,52
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	86,000	16,100	1.384,60
%4		%	Medios auxiliares	2,000	14.282,060	285,64
			1,4	1,000	15.004,73	15.004,73
1,5	Partida	Ud	Línea de purga de condensados	1,000	410,96	410,96
			Línea de purga de condensados			
1501	Material	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de PVC flexible, de 25 mm de diámetro	100,000	0,200	20,00
1502	Sin clasificar	mL	Tubería PVC.Tubo de PVC flexible, de 25 mm de diámetro y 2,5 mm de espesor, con espiral de PVC rígido, según UNE-EN ISO 3994, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	95,000	1,490	141,55
1503	Mano de obra	h	Oficial 1ª fontanero.	7,000	17,820	124,74
1504	Material	h	Ayudante fontanero.	7,000	16,100	112,70
			1,5	1,000	410,96	410,96
1,6	Partida	Ud	Enfriadora de agua	1,000	17.200,31	17.200,31
			Enfriadora de agua			
1601	Maquinaria	Ud	Enfriadora Aire-Agua marca Carrier modelo 30RBS-090B, Scroll, R410a, versión STD. Tamaños 090: 2 años de garantía Total (reparación/cambio de piezas defectuosos, M.O. y desplazamiento). Puesta en marcha no incluida.	1,000	12.080,000	12.080,00
1602	Material	mL	Manguito antivibración, de goma, con rosca de 2", para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	2,000	28,400	56,80
1603	Material	Ud	Interruptor general sin fusible.Ud. Modelo 30RBS-090-B_OPT_070	1,000	110,520	110,52
1604	Material	Ud.	Conexiones evaporador.Ud. Conexiones Victaulic en el evaporador para soldar opt. 30RBS-090-B_OPT_266.	1,000	70,370	70,37
1605	Material	Ud	Transportes y portes especiales	1,000	733,300	733,30
1606	Material	mL	Tubería de conexión entres enfriadora y UTA	6,000	12,890	77,34
Mon.03	Maquinaria	Ud	Trabajos de grua	1,000	1.033,000	1.033,00
Mon.04	Maquinaria	Ud	Protección contra vibraciones	1,000	1.600,000	1.600,00
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	18,000	17,820	320,76
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	18,000	16,100	289,80

%	%	Medios auxiliares		2,000	16.371,890	327,44
		1,6		1,000	17.200,31	17.200,31
1,7	Partida	Ud	Unidad de tratamiento de aire	1,000	24.511,54	24.511,54
			Unidad de tratamiento de aire			
1701	Material	Ud	UTA.Ud. CL-1 Unidad de tratamiento de aire según especificación técnica, con batería de refrigeración y caudal de impulsión de 18000 m3/h.Marca carrier modelo 1212	1,000	18.101,430	18.101,43
1702	Maquinaria	Ud	Control centralizado de los equipos de climatización. Marca Daikin modelo DCS601C51.	1,000	1.986,000	1.986,00
Mon.03	Maquinaria	Ud	Trabajos de grua	1,000	1.033,000	1.033,00
Mon.04	Maquinaria	Ud	Protección contra vibraciones	1,000	1.600,000	1.600,00
Mon.01	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de climatización	18,000	17,820	320,76
Mon.02	Mano de obra	h	Ayudante instalador de climatización.	18,000	16,100	289,80
%	%	Medios auxiliares		2,000	23.330,990	466,62
		1,7		1,000	24.511,54	24.511,54
1,8	Partida	Ud	Conductos de impulsión	1,000	3.420,83	3.420,83
			Conductos de impulsión			
1801	Material	Ud	Repercusión, por m ² , de material auxiliar para fijación a la obra de conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.	67,000	1,510	101,17
1802	Material	m2	Chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor, y juntas transversales con brida tipo Metu y sellada con masilla resistente a altas temperaturas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.	10,880	10,070	109,56
1803	Material	m2	Chapa galvanizada de 0,8 mm de espesor, y juntas transversales con brida tipo Metu y sellada con masilla resistente a altas temperaturas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.	55,820	11,850	661,47
1804	Material	m2	Aislamiento	73,660	19,730	1.453,31
1805	Material	Ud	Rejilla de impulsión de dimensiones 625-425 mm marca Trox Technik serie AT-A.	8,000	13,700	109,60
Mon.05	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de conductos de chapa metálica.	24,000	17,820	427,68
Mon.06	Mano de obra	h	Ayudante montador de conductos de chapa metálica.	24,000	16,130	387,12
Mon.07	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Albañilería	4,000	17,820	71,28
			1,8	1,000	3.420,83	3.420,83
1,9	Partida	Ud	Conductos de retorno	1,000	10.532,93	10.532,93
			Conductos de retorno			
1901	Material	Ud	Repercusión, por m ² , de material auxiliar para fijación a la obra de conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.	240,950	1,510	363,83
1902	Material	m2	Chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor, y juntas transversales con brida tipo Metu y sellada con masilla resistente a altas temperaturas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.	15,200	10,070	153,06
1903	Material	m2	Chapa galvanizada de 0,8 mm de espesor, y juntas transversales con brida tipo Metu y sellada con masilla resistente a altas temperaturas, para la formación de	226,000	11,850	2.678,10

			conductos autoportantes para la distribución de aire en ventilación y climatización.			
1904	Material	m2	Aislamiento	301,200	19,730	5.942,68
1905	Material	Ud	Rejilla de retorno de dimensiones 625x525 mm2 de la marca Troz Technik serie AT-A	8,000	25,300	202,40
Mon.05	Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de conductos de chapa metálica.	24,000	17,820	427,68
Mon.06	Mano de obra	h	Ayudante montador de conductos de chapa metálica.	24,000	16,130	387,12
Mon.07	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Albañilería	4,000	17,820	71,28
			1,9	1,000	10.532,93	10.532,93
			CAP.01		146.971,28	146.971,28
CAP.02	Capítulo		INSTALACIÓN ELÉCTRICA		7.403,69	7.403,69
2,1	Partida	Ud	Derivación C.gen-C.Clim.Derivación individual trifásica fija en superficie de Cuadro general a cuadro de climatización, formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) 4x185+1G95 mm ² , siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector	1,000	1.380,79	1.380,79
			Derivación individual trifásica fija en superficie de Cuadro general a cuadro de climatización, formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) 4x185+1G95 mm ² , siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de PVC liso de 75 mm de diámetro.			
2101	Material	m	Canalización.Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales	11,000	3,670	40,37
2102	Material	m	Conductor C.gen-C.clim.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2	44,500	21,130	940,29
2103	Material	Ud	Cuadro eléctrico C.Clim.Cuadro eléctrico de superficie 36 elementos Solera SOL8216.	1,000	27,490	27,49
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	9,800	17,820	174,64
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	9,800	16,100	157,78
			2,1	1,000	1.380,79	1.380,79
2,2	Partida	Ud	Instalación Evaporadores 1ª Planta	1,000	504,15	504,15
			Instalación Evaporadores 1ª Planta			
2201	Material	m	Canalización.Tubo de PVC, serie B, de 12 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	181,380	0,750	136,04
2202	Material	m	Conductores.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	362,760	0,460	166,87
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	5,500	17,820	98,01
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	5,500	16,100	88,55
			2,2	1,000	504,15	504,15
2,3	Partida	Ud	Instalación Evaporadores 2ª Planta	1,000	466,80	466,80

Instalación Evaporadores 2ª Planta						
2301	Material	m	Canalización.Tubo de PVC, serie B, de 12 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	159,660	0,750	119,75
2302	Material	m	Conductores.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	319,320	0,460	146,89
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	5,500	17,820	98,01
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	5,500	16,100	88,55
2,3				1,000	466,80	466,80
2,4	Partida	Ud	Instalación condensadores en cubierta	1,000	231,96	231,96
Instalación condensadores en cubierta						
2401	Sin clasificar	m	Canalización.Tubo de PVC, serie B, de 16 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	22,860	0,950	21,72
242	Material	m	Conductores.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	45,720	0,370	16,92
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	5,500	17,820	98,01
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	5,500	16,100	88,55
2,4				1,000	231,96	231,96
2,5	Partida	Ud	Instalación equipos en cubierta	1,000	497,67	497,67
Instalación equipos en cubierta						
2501	Material	m	Canalización Enfriadora.Tubo de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	3,500	1,880	6,58
2502	Material	m	Conductores Enfriadora.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2	14,000	3,080	43,12
2503	Material	m	Canalización UTA.Tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	8,500	1,490	12,67
2504	Material	m	Conductores UTA.Cable unipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	34,000	2,400	81,60
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	10,000	17,820	178,20
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	10,000	16,100	161,00
2,5				1,000	497,67	497,67
2,6	Partida	Ud	Equipos de protección	1,000	4.322,32	4.322,32
Equipos de protección						

2601	Material	Ud	Magnetotérmicos 16 A. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	12,000	17,940	215,28
2602	Material	Ud	Magnetotérmicos 20 A. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	6,000	17,940	107,64
2603	Material	Ud	Magnetotérmico 50 A. Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 6 kA, curva D, de 72x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	1,000	389,000	389,00
2604	Material	Ud	Magnetotérmico 63 A. Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, poder de corte 6 kA, curva D, de 72x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	1,000	462,000	462,00
2605	Material	Ud	Interruptor Diferencial 40 A. Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	6,000	58,960	353,76
2606	Material	Ud	Interruptor Diferencial 63A. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	1,000	314,150	314,15
2607	Material	Ud	Interruptor Diferencial 100 A. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 100 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1	1,000	941,260	941,26
2608	Material	Ud	Interruptor General Automático. Interruptor automático en caja moldeada, electromecánico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 250 A, poder de corte 50 kA, ajuste térmico entre 0,8 y 1 x In, de 140x157x88 mm, según UNE-EN 60947-2.	1,000	1.345,500	1.345,50
Mon.08	Mano de obra	Ud	Oficial 1ª Electricista	2,000	17,820	35,64
Mon.09	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	2,000	16,100	32,20
			2,6	1,000	4.322,32	4.322,32
			CAP.02		7.403,69	7.403,69
CAP.03	Capítulo		ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD		1.454,65	1.454,65
3,1	Partida	Ud	Protecciones individuales	1,000	357,01	357,01
			Protecciones individuales			
3101	Material	Ud	Equipo casco. Casco de seguridad con barbuquejo contra golpes mecánicos, homologados con marcado CE	5,000	2,700	13,50
3102	Material	Ud	Equipo gafas. Gafa antipolvo y anti-impactos homologados con marcado CE	4,000	7,210	28,84
3103	Material	Ud	Equipo mascarillas. Mascarilla de respiración antipolvo, homologado con marcado CE	4,000	3,900	15,60

3104	Material	Ud	Equipo filtros. Filtro para mascarilla antipolvo, homologado con marcado CE	4,000	0,720	2,88
3105	Material	Ud	Equipo protector auditivo.Protector auditivo, homologado con marcado CE	4,000	0,100	0,40
3106	Material	Ud	Equipo Cinturón.Cinturón de seguridad, seguridad de caídas clase C, homologados con marcado CE	2,000	25,240	50,48
3107	Material	Ud	Equipo herramientas.Bolsa de herramientas	4,000	9,010	36,04
3108	Material	Ud	Equipo mono.Mono o buzo de trabajo, homologado con marcado CE	4,000	18,030	72,12
3109	Material	Ud	Equipo chalecos.Chalecos reflectantes, homologado con marcado CE	5,000	9,010	45,05
3210	Material	Ud	Equipo guantes.Guantes de cuero, homologados con marcado CE	5,000	14,420	72,10
3211	Material	Ud	Equipo Botas.Botas de seguridad de cuero, homologados con marcado CE	4,000	2,400	9,60
			3,1	1,000	357,01	357,01
3,2	Partida	Ud	Protecciones colectivas	1,000	1.097,64	1.097,64
			Equipos y medios de protección colectiva de la seguridad y salud			
3201	Material	Ud	Seguridad perímetro en cubierta. Valla autónoma metálica 2.5 m, de longitud para contención, para asegurar el perímetro de la cubierta	25,000	25,830	645,75
3202	Maquinaria	Ud	Seguridad camión de transporte y grua. Topes para camión. Incluso colocación	2,000	27,310	54,62
3203	Material	ml	Cable de seguridad anclaje. Cable de seguridad, para anclaje de cinturón de seguridad	25,000	4,730	118,25
3204	Material	ml	Evacuación trabajos de albañilería. Conducto vertical de evacuación de escombros	9,000	27,450	247,05
			3,2	1,000	1.097,64	1.097,64
3,3	Partida	Ud	Extinción de incendios	0,000	182,83	0,00
3301	Material	Ud	Extintor 1 . Extintor de CO2 5 kg incluido soporte	2,000	60,000	120,00
3302	Material	Ud	Extintor 2. Extintor de polvo polivalente 6 kg incluido soporte	2,000	28,750	57,50
			3,3	0,000	182,83	0,00
			CAP.03		1.454,65	1.454,65
			PRESUPUESTO		155.829,62	155.829,62

Resumen	Capitulo	Título del capítulo		
	CAP.01	CLIMATIZACIÓN		146.971,28
	CAP.02	INSTALACIÓN ELÉCTRICA		7.403,69
	CAP.03	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD		1.454,65
			Total ejecución material	155.829,62
				20.257,85
			13% Gastos Generales	
			6% Beneficio Industrial	9.349,78
			Suma de G.G y B.I	29.607,63
			5% IVA	7.791,48
			Total presupuesto de contrata	193.228,73
			Total presupuesto general	193.228,73