



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Nombre del Centro

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO C3 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN, UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES, CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y POSIBLES MEJORAS.

Alumno: Carmen Rubio Lara

Tutor: Nabih Khanafer Bassam
Dpto: Departamento de Ingeniería Mecánica y
Minera

Diciembre, 2022



DOCUMENTO Nº1

MEMORIA



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.1.- OBJETO DEL PROYECTO	4
1.2.- NORMAS LEGALES DE APLICACIÓN.....	4
1.3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	4
1.4.- LOCALES CLIMATIZADOS Y SUPERFICIE.....	4
1.5.- SISTEMAS DE INSTALACIÓN ELEGIDOS Y SU JUSTIFICACIÓN (Ver ANEXO Nº2).....	6
1.6.- FUENTES DE ENERGÍA ESCOGIDAS.....	6
1.7.- CUMPLIMIENTO DE LA IT.1 “DISEÑO Y DIMENSIONADO”	6
1.7.1. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	7
1.7.2. CONDICIONES AMBIENTALES (I.T. 1.1.4.1).....	7
1.7.3. FRACCIONAMIENTO DE POTENCIA (I.T. 1.2.4.1.2.2).....	7
1.7.4. INSTALACIONES	7
1.7.5. AISLAMIENTO TÉRMICO (I.T. 1.2.4.2).....	7
1.7.6. REGULACIÓN	8
1.7.7. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO	8
1.8.- CONTROL AUTOMÁTICO PREVISTO (I. T. 1.2.4.3)	8
1.9.- CONTABILIZACION DE CONSUMOS (I.T. 1.2.4.4).....	8
1.10.- CONDICIONES TERMOHIDROMÉTRICAS (IT 1.1.4.1.2)	9
1.11.- CALIDAD DEL AIRE Y VENTILACIÓN (I.T. 1.1.4.2) (VER ANEXO Nº 2)	10
1.12.- RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN (I.T. 1.2.4.5.2). (VER ANEXO Nº 2)	10
1.13.- INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO (I.T 3.7)	11
1.13.1.- HORARIOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS SISTEMA DESTINADOS A LA REFRIGERACIÓN	11
1.13.2.- HORARIOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS SISTEMA DESTINADOS A LA CALEFACCIÓN	11
1.14.- FECHA Y HORA DE CÁLCULO	11
1.15.- ILUMINACIÓN ARTIFICIAL CONSIDERADA	12
1.16.- EXIGENCIA DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE ACUSTICO (I.T 1.1.4.4).....	12
1.17.- VIBRACIONES	12
1.18.- CONTAMINACIÓN AMBIENTAL INTERIOR Y EXTERIOR	12
1.19.- COMPOSICIÓN DE LOS CERRAMIENTOS	12



1.20.- CÁLCULOS.....	14
1.20.1.- LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA (Cumplimiento de la CTE)	14
(Ver ANEXO nº1).....	14
1.20.2.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO.	21
1.20.3.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO.....	22
1.20.4.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN VERANO (Ver ANEXO Nº 3).	22
1.20.5.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TERMICAS EN INVIERNO (Ver ANEXO Nº3).	23
1.20.6.- INSTALACIÓN DE FANCOIL PARA LA CLIMATIZACIÓN (Ver ANEXO Nº2).	25
1.20.7.- INSTALACIÓN DE LA VENTILACIÓN (Ver ANEXO Nº2).	25
1.20.8.- INSTALACIÓN DE VENTILADORES CENTRÍFUGOS (EXTRACTORES) EN LA INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN (Ver ANEXO Nº2).	25
1.20.9.- CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS (Ver ANEXO Nº 6).	26
1.20.10.- CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS (Ver ANEXOS Nº 7 para impulsión y Nº 8 para retorno).	26
1.21.- PRESUPUESTO.....	29
1.22.- BIBLIOGRAFÍA.....	29
1.24.- CONCLUSIONES.....	30



1.1.- OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente trabajo es la climatización del edificio C3 Aulario Juan de Mata Carriazo empleando para ello energías renovables y aplicando la normativa vigente. Dicho edificio se encontrará localizado en Jaén capital, Universidad de Jaén.

Este proyecto será de tipo académico, con la intención de concluir los estudios en Grado en Ingeniería Mecánica.

La climatización ya mencionada se va a realizar teniendo en cuenta la normativa vigente, así como las necesidades térmicas del espacio que se quiere climatizar el cual dependerá de sus características constructivas, su ocupación y su utilización. También se va a tratar la ventilación del espacio climatizado.

Se va a realizar el estudio y el cálculo de la climatización del edificio empleando una instalación de fancoil de tipo cassette para la calefacción en invierno y la refrigeración en verano. Esta instalación también será la encargada de la ventilación en ambas estaciones. Además, se instalará un recuperador de calor de aire de extracción.

Para producir la energía necesaria, se va a instalar una caldera de biomasa, la cual alimentará los fancoils en invierno (para calefacción), y una máquina de absorción conectada a su vez a la caldera de biomasa que alimentará los fancoil en verano (para refrigeración).

1.2.- NORMAS LEGALES DE APLICACIÓN

- Reglamento de Instalaciones Térmicas de los edificios (RITE 2007).
- Código técnico en la edificación (CTE).
- Normas UNE relacionadas.

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio objeto de estudio ya está construido y su uso está destinado a actividades educativas (aulario). Consta de tres plantas y una cubierta. Se encuentra ubicado en la Universidad de Jaén, siendo la superficie por climatizar:

- Planta baja: 931,82 m²
- Planta primera: 843,14 m²
- Planta segunda: 845,6 m²

El edificio permanece aislado en todos sus cerramientos exteriores. No colindará con otros, es decir, tanto las caras Norte, Sur, Este y Oeste darán a calles transitables. (Ver plano de situación).

1.4.- LOCALES CLIMATIZADOS Y SUPERFICIE



Si tenemos en cuenta la necesidad de regulación térmica independiente de los distintos espacios, y también la configuración del edificio, se ha dividido la instalación en diferentes zonas, las cuales contarán con sistemas independientes para la climatización. La totalidad del edificio se divide de la siguiente forma, indicando las superficies tratadas de los distintos espacios:

	LOCAL	SUPERFICIE (m ²)
PLANTA BAJA	Aula 1	131,57
	Aula 2	215,03
	Aula 3	131,57
	Aula 4	102,24
	Aula 5	106,39
	Aula 6	102,24
	Conserjería	29,06
	Unidad de conserjería encargada de equipo	23,94
	Seminario 01	24,34
	Seminario 02	65,44
PLANTA PRIMERA	Vestíbulo	343,9
	Aula 11	131,60
	Aula 12	126,21
	Aula 13	131,60
	Aula 14	102,24
	Aula 15	106,39
	Aula 16	102,24
	Seminario 11	23,18
	Seminario 12	31,07
	Seminario 13	23,89
	Laboratorio de Psicología	43,58
	Psicología Control	21,14
PLANTA SEGUNDA	Vestíbulo	343,9
	Aula 21	131,60
	Aula 22	126,21
	Aula 23	131,60
	Aula 24	102,24
	Aula 25	106,39
	Aula 26	102,24
	Seminario 21	48,32
	Seminario 21 - Anexo	16,39
	Seminario 22	31,01
	Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	23,91
	Comedor y acceso a vestuario (derecha)	24,93
	Vestíbulo	343,9

Tabla 1. Áreas de los distintos espacios climatizados.



1.5.- SISTEMAS DE INSTALACIÓN ELEGIDOS Y SU JUSTIFICACIÓN (Ver ANEXO Nº2)

Para el presente proyecto, se propone la climatización de dicho edificio empleando dos métodos existentes en la actualidad.

Se ha elegido la instalación de unos fancoils de tipo cassette, los cuales trabajarán durante ambas estaciones (verano e invierno) tanto ventilando como refrigerando el edificio en cuestión.

El aire de impulsión que llegará a los fancoils será proporcionado por recuperadores de calor del aire de extracción que se situarán en la cubierta, dichos recuperadores permitirán mantener en un nivel adecuado la calidad del aire interior (IAQ). El empleo de recuperadores de calor en instalaciones de climatización permite utilizar el calor sensible y latente residual del propio proceso, consiguiendo así:

- Reducir la central energética (costes de inversión).
- Reducir el consumo de energía de funcionamiento (costes de explotación).

Los fancoils se conectarán a una caldera de biomasa colocada en la sala de máquinas mediante una red de tuberías de agua, la cual calentará el agua necesaria para calefactar el edificio en invierno.

Esta caldera de biomasa estará conectada a una máquina de absorción. Dicha máquina alimentará los fancoils en verano, por lo que, la caldera también calentará el agua que se necesita para refrigerar el edificio.

La caldera de biomasa tiene que abarcar la suma de potencias frigoríficas y térmicas que se necesitan para que funcionen correctamente todos los aparatos destinados a dicha climatización en el caso más desfavorable.

Los recuperadores de calor se colocarán en la cubierta sobre bancadas anti vibratorias. Para la canalización del aire de impulsión se han elegido conductos de chapa galvanizada con aislamiento exterior y para la canalización de aire de retorno, chapa galvanizada sin aislamiento exterior.

Se han colocado rejillas compuestas de compuertas reguladoras para poder mejorar el equilibrio de la red de conductos debido a su gran cantidad de accesorios como codos, derivaciones, etc. (Ver anexo correspondiente al proceso de cálculo).

1.6.- FUENTES DE ENERGÍA ESCOGIDAS

La fuente de energía escogida para la climatización por medio de fancoils tanto en verano como en invierno es la energía térmica junto con la energía eléctrica, que también se utilizará para la ventilación del edificio mediante los recuperadores de calor del aire de extracción.

1.7.- CUMPLIMIENTO DE LA IT.1 “DISEÑO Y DIMENSIONADO”

Las instalaciones objeto del presente trabajo se han diseñado y ejecutado teniendo en cuenta las exigencias del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), con el



objetivo de racionalizar su consumo energético, tal y como se observará en los diferentes apartados de la presente Memoria.

En concreto, la instrucción técnica IT.1, se ha tenido muy presente en los diferentes apartados que se relacionan con el diseño y dimensionado de la instalación, como a continuación se expone:

1.7.1. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

El sistema de refrigeración, según la instrucción técnica es, sistema indirecto. El refrigerante utilizado será el ecológico, R-407C.

Todos los elementos mecánicos y sus transmisiones que componen los equipos se situarán en el interior de los mismos, con carcasas protectoras y quedarán totalmente protegidos contra accidentes fortuitos.

En cuanto a la máquina frigorífica y demás elementos complementarios, todas sus partes quedarán con fácil acceso y manipulables. Las unidades mecánicas se podrán observar en todo momento.

En los equipos se incluirá el acta de prueba en fábrica de aparatos a presión.

De acuerdo con el Reglamento de Seguridad de Plantas e Instalaciones Frigoríficas vigente, las unidades que producen calor y frío incluirán los dispositivos de seguridad reglamentarios. También se tiene que tener en cuenta toda la reglamentación relacionada con indicaciones de seguridad, protección contra incendios, instalaciones eléctricas y dispositivos de corte.

1.7.2. CONDICIONES AMBIENTALES (I.T. 1.1.4.1)

Las temperaturas de cálculo y diseño se han tomado teniendo en cuenta lo que se expone en la instrucción IT 1.1.4.1. Esto se puede ver en los cálculos de la presente Memoria (Ver apartado 1.20).

1.7.3. FRACCIONAMIENTO DE POTENCIA (I.T. 1.2.4.1.2.2)

Según IT 1.2.4.1.2.2, se dispondrá del número de generadores necesarios en número, potencia y tipos adecuados, según el perfil de la demanda de energía térmica prevista.

1.7.4. INSTALACIONES

FACTOR DE TRANSPORTE DE AIRE: No exigible al ser los caudales de los subsistemas inferiores a 15 m³/s.

SISTEMAS INTEGRADOS: No exigible al no ser el sistema de instalación elegido “todo-aire”.

ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR (I.T. 1.2.4.5.1): No exigible al no existir subsistemas con caudales de aire superiores a 3 m³/s y cuyo funcionamiento se prevea supere las mil horas anuales.

1.7.5. AISLAMIENTO TÉRMICO (I.T. 1.2.4.2)



Se han tenido en cuenta las prescripciones de la IT 1.2.4.2 y Apéndice 1.2.4.2.1, para que la pérdida a través de las paredes de los conductos no sea superior al 1% y, en todo caso, se eviten las condensaciones.

Así mismo, se prevé el aislamiento de las líneas de distribución de agua fría/caliente a las unidades terminales, aumentando el espesor del aislamiento en 20 mm en los tramos que discurren por el exterior.

1.7.6. REGULACIÓN

El equipo de control automático previsto cumple con las prescripciones y escalones de fraccionamiento de potencias indicadas en la Instrucción Técnica IT 1.2.4.1.3. Así mismo, se regula las temperaturas de los fluidos portadores de energía.

1.7.7. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

El aire exterior de ventilación puede ser anulado a voluntad para poder vencer la inercia térmica del edificio con mayor prontitud durante la puesta en marcha.

1.8.- CONTROL AUTOMÁTICO PREVISTO (I. T. 1.2.4.3)

El control automático previsto en lo que concierne a la estabilización de las condiciones ambientales de confort, está formado por termostatos de ambiente, dotados de paro-marcha, conmutación invierno-verano y posibilidad selección de temperatura en los climatizadores.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia (encendido de luces, infrarrojos, etc.)
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior (CO ₂ o VOCs)

Tabla 2. Control de la calidad del aire interior

El método empleado será el IDA-C2 que se emplea para locales no diseñados para la ocupación humana permanente.

1.9.- CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS (I.T. 1.2.4.4)

Toda instalación térmica que dé servicio a más de un usuario dispondrá de algún sistema que permita el reparto de los gastos correspondientes a los servicios (calor, frío y agua



caliente sanitaria) entre los diferentes usuarios. El sistema previsto, instalado en el tramo de acometida a cada unidad de consumo, permitirá regular y medir los consumos, así como interrumpir los servicios desde el exterior de los locales.

1.10.- CONDICIONES TERMOHIDROMÉTRICAS (IT 1.1.4.1.2)

- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

VERANO

Temperatura seca: 35 °C
Humedad relativa: 37%

Estas condiciones se obtienen de la Guía Técnica N.º 12 del IDAE; para la localidad de Jaén: Estación meteorológica Cerro de los Lirios considerando nivel de percentil estacional del 2,5% según Norma UNE 100014: 2004, el cual corresponde a un nivel de percentil anual del 1%.

INVIERNO

Temperatura seca: 2,6 °C
Humedad relativa: 74,7%

Estas condiciones se obtienen de la Guía Técnica N.º 12 del IDAE; para la localidad de Jaén: Estación meteorológica Cerro de los Lirios considerando nivel de percentil estacional del 97,5% según Norma UNE 100014: 2004, el cual corresponde a un nivel de percentil anual del 99%.

- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

En cumplimiento de la Instrucción Técnica IT 1.1.4.1.2, las condiciones termo higrométricas interiores de confort elegidas para efectuar los cálculos de ganancias y pérdidas térmicas han sido las que siguen:

VERANO

Temperatura seca: 24 °C
Humedad relativa: 55 %

INVIERNO

Temperatura seca: 22 °C
Humedad relativa: 45%



La humedad relativa sólo se ha tenido en cuenta a efectos de cálculos, ya que no se ha previsto ningún dispositivo que controle y corrija el mencionado parámetro.

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 3. Condiciones interiores de diseño

1.11.- CALIDAD DEL AIRE Y VENTILACIÓN (I.T. 1.1.4.2) (VER ANEXO Nº 2)

Para obtener los valores de ventilación que se necesitan en cada sala seguiremos las indicaciones que mostradas en la I.T. 1.1.4.2. En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se debe alcanzar será, como mínimo, la siguiente: **IDA 2 (aire de buena calidad)**: oficina, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 4. Caudales de aire exterior, en dm³ /s por persona.

Cogeremos el caudal de la IDA 2. Por tanto, para el cálculo de la ventilación del local tendremos en cuenta un caudal de 12,5 dm³ /s por persona.

1.12.- RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN (I.T. 1.2.4.5.2). (VER ANEXO Nº 2)

Esta I.T expresa claramente cuáles son las exigencias técnicas que deben de cumplir las instalaciones de climatización en lo que respecta a la recuperación de energía.

En la IT 1.2.4.5.2 "Recuperación de calor del aire de extracción" se dispone que:

- ✓ En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,28 m³/s, de acuerdo con lo establecido en el reglamento de diseño ecológico para las unidades de ventilación, se recuperará la energía del aire expulsado.



- ✓ Se instalará un aparato de enfriamiento adiabático sobre el lado del aire de extracción.
- ✓ Se exigirá unas eficiencias mínimas de recuperación de calor sensible sobre el aire exterior (%) y unas pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal del aire exterior (m^3/s) y de las horas anuales de funcionamiento de acuerdo con la tabla 2.4.5.1

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m^3/s)									
	>0,5...1,5		>1,5...3,0		>3,0...6,0		>6,0...12		>12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000... 4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000... 6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Tabla 5. Eficiencia de la recuperación.

1.13.- INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO (I.T 3.7)

El programa de funcionamiento, se adecuará a las características técnicas de la instalación con el objetivo de dar el servicio demandado consumiendo energéticamente lo menos posible.

1.13.1.- HORARIOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS SISTEMA DESTINADOS A LA REFRIGERACIÓN

Se va a considerar como comienzo de la temporada de refrigeración el día 1 de mayo, finalizando dicha temporada el día 31 de septiembre. El funcionamiento del sistema de refrigeración trabajará durante 5 meses al año o, lo que es lo mismo, 150 días.

1.13.2.- HORARIOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS SISTEMA DESTINADOS A LA CALEFACCIÓN

Se va a considerar como comienzo de la temporada de calefacción el día 1 de octubre, finalizando dicha temporada el día 31 de abril. El funcionamiento del sistema de refrigeración trabajará durante 7 meses al año o, lo que es lo mismo, 210 días.

1.14.- FECHA Y HORA DE CÁLCULO

Para ver la variación diaria de la temperatura o excursión térmica de cálculo, hemos elegido las 15 h (hora solar) del día 23 de Julio por ser la más desfavorable en nuestro caso.



1.15.- ILUMINACIÓN ARTIFICIAL CONSIDERADA

Como regla general, se ha considerado una disipación térmica por iluminación con luz LED de 4,2 W/m² en función del tipo de espacio.

1.16.- EXIGENCIA DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE ACUSTICO (I.T 1.1.4.4)

Las instalaciones térmicas de los edificios tienen que cumplir la exigencia del documento DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación que les afecte. En los cálculos de los conductos y de los elementos de difusión de aire se han tomado las medidas adecuadas para que no sobrepasen los niveles remarcados.

En los cálculos se ha considerado como valor límite de nivel sonoro, en cualquier zona, el de 30 dBA, empleándose en todos los casos ventiladores centrífugos a reducida velocidad.

1.17.- VIBRACIONES

No se tolerarán vibraciones en ninguna parte de la instalación y tampoco que se sobrepasen los límites reseñados en la instrucción técnica.

Todas las bancadas y soportes de equipos son anti-vibratorias, todos los motores y compresores van apoyados sobre amortiguadores cuyo material es el caucho y todas las embocaduras de conductos a máquinas son anti-vibratorias.

1.18.- CONTAMINACIÓN AMBIENTAL INTERIOR Y EXTERIOR

No se produce ninguna emisión contaminante a la atmósfera con el sistema que se ha diseñado para la instalación.

En cuanto a la contaminación ambiental interior, los valores de ventilación y recirculación de aire que se han calculado no sobrepasan los niveles que se indican en la instrucción técnica IT 1.1.4.1

1.19.- COMPOSICIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

Muros exteriores: M1	λ (W/m °C)	e (m)	$R_n=e/\lambda$	Rse	Rsi	R_T (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Ladrillo exterior	0,76	0,2	0,26	0,04	0,13	5,00	0,200
Aislamiento de poliuretano	0,023	0,04	1,74				
Cámara de aire (sin ventilación)	-	0,05	0,18				
Ladrillo interior	0,027	0,07	0,26				
Yeso	0,30	0,015	0,05				

Tabla 6. Cálculo de la transmitancia para muros exteriores.



Suelo interior: S3	λ (W/ m °C)	e (m)	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi	R_T (m²K/W)	U (W/m²K)
Baldosa	1	0,02	0,020	0,04	0,013	1,150	0,869
Mortero de cemento	1,4	0,02	0,014				
fibra de vidrio tipo 1	0,044	0,04	0,909				
Hormigón armado	1,3	0,2	0,154				

Tabla 7. Cálculo de la transmitancia para el suelo interior.

Cubierta C1	λ (W/m °C)	e (m)	$R_n=e/\lambda$	Rse	Rsi	R_T (m²K/W)	U (W/m²K)
Baldosa	1,05	0,02	0,0190	0,04	0,1	2,986	0,335
Mortero de cemento	1,4	0,02	0,0143				
Eps Polist. Exp III	0,023	0,06	2,6087				
Hormigón + Bovedillas	1,3	0,2	0,1538				
Yeso	0,3	0,015	0,0500				

Tabla 8. Cálculo de la transmitancia para cubierta o terraza.

Muros interiores: M2	λ (W/ m °C)	e (m)	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi	R_t (m² K/W)	Utab. (W/m² K)
Yeso	0,3	0,015	0,05	0,13	0,13	2,36	0,423
Ladrillo hueco	0,76	0,1	0,13				
Espuma elastomerica	0,023	0,04	1,74				
Ladrillo hueco	0,76	0,1	0,13				
Yeso	0,3	0,015	0,05				

Tabla 9. Cálculo de la transmitancia para muros interiores.

Rse y Rsi se obtienen de la tabla del CTE: Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m² K/ W].

Cerramientos en contacto con el terreno: S1			
Superficie A (m²)	Perímetro P (m)	B'	U (W/m²K)
1630	397	8,20	0,590

Tabla 10.1. Cálculo de la transmitancia para el suelo en contacto con el terreno.



1.20.- CÁLCULOS

1.20.1.- LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA (Cumplimiento de la CTE)

(Ver ANEXO nº1)

El objetivo de la acción simplificada que se ha utilizado en este trabajo es el control indirecto de la demanda energética del edificio empleando la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que forman su envolvente térmica.

Como el edificio se encuentra situado en Jaén, la zona climática es la C4. En cuanto a la clasificación de los espacios, todos son de baja carga interna.

En este apartado de la memoria solo se muestran los procesos de cálculo utilizados para la demanda energética junto con sus comprobaciones y valores que cumplen con las restricciones del CTE. Los cálculos de la demanda energética se pueden ver en el **ANEXO Nº1**.

A) TRANSMITANCIAS Y FACTORES SOLARES DE LA ENVOLVENTE

De acuerdo con el CTE los parámetros de la demanda térmica que hay que tener en cuenta para calcular las cargas térmicas son el valor de la transmitancia y el factor solar modificado de huecos y lucernarios. A continuación, se mostrarán estos valores, así como las composiciones de todos los cerramientos pertenecientes a la envolvente térmica:

i. Muros en contacto con el aire exterior (M1)

El valor de la transmitancia térmica es $U = 1/R_T$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \quad \text{Siendo } R_i = e/\lambda$$

Dónde: e = espesor de la capa

λ = Conductividad térmica del material de la capa (W/mK)

R_{si} y R_{se} son las resistencias superficiales correspondientes al aire interior y exterior

Posición del cerramiento y sentido del flujo		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ flujo ascendente.		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente.		0,04	0,17

Tabla 11. Resistencias superficiales térmicas de particiones exteriores.



ii. Techo en contacto con el aire exterior (C1):

Se calcula igual que los muros que dan al aire exterior. Lo que cambia al margen de la composición del cerramiento son las resistencias superficiales.

iii. Muros en contacto con el terreno (Mt1)

La transmitancia térmica U_t de los muros o pantallas en contacto con el terreno, se obtienen de la siguiente tabla en función de la profundidad “z” y de la resistencia térmica del muro “ R_m ” calculada mediante la misma expresión utilizada para muros exteriores y despreciando las resistencias superficiales:

Transmitancias térmicas de muros enterrados U_T en W/m^2K

Rm (m^2K/W)	Profundidad z de la parte enterrada del muro					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

Tabla 12. Transmitancias térmicas de muros enterrados en W/m^2K

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^{i=n} R_i$$

iv. Suelo en contacto con el terreno (S1):

Para el cálculo de la transmitancia U_s [$W/m^2 K$] se consideran en este apartado:

CASO 1: soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste.

CASO 2: soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

Nuestro edificio está a nivel del terreno y por tanto para el cálculo de nuestro cerramiento lo haremos siguiendo el procedimiento del CASO 1: soleras apoyadas a una profundidad inferior a 0,5 m respecto del nivel del terreno.

La transmitancia se obtiene de la siguiente tabla en función del ancho D de la banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante calculado despreciando las resistencias superficiales y la longitud característica B' de la solera o losa.



B'	R _a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _a [m²·K/ W]					R _a [m²·K/ W]					R _a [m²·K/ W]				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Tabla 13. Transmitancia térmica U_s [W/m²] extraída de DB-HE-1.

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} \cdot P}$$

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se toma de la columna Ra = 0 m²K/W en función de su longitud característica B'16.

v. Huecos (H):

La transmitancia de los huecos U_H (W/m²K) se determina mediante la fórmula:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

Siendo: U_{H,v}= Transmitancia de la parte semitransparente

U_{H,m}= Transmitancia del marco de la ventana o puerta

FM= Fracción del hueco ocupada por el marco

A su vez el Factor solar se determina:

$$F = F_S \cdot [(1 - FM) \cdot g_i + FM \cdot 0,04 \cdot Um \cdot \alpha]$$

Siendo F_S= Factor sombra del hueco

g_i= Factor solar de la puerta semitransparente del hueco a incidencia normal

Um= Transmitancia térmica del hueco

α= Absortividad del marco



vi. Particiones interiores:

Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

La transmitancia térmica U [W/m^2K] se va a obtener con la expresión:

$$U = U_p \cdot b \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

siendo,

U_p : transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable

b : coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido a partir de la relación $\frac{A_{h-nh}}{A_{nh-e}}$ en tabla 7 del CTE para el caso 1 (espacio ligeramente ventilado) y partición exterior aislada con partición interior no aislada.

Donde **Ah-nh** es el área del cerramiento del espacio habitable que está en contacto con el no habitable, y **Anh-e** es el área del cerramiento del espacio no habitable que está en contacto con el aire exterior.

Posición del cerramiento y sentido del flujo		Rse	Rsi
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ flujo ascendente.		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente.		0,17	0,17

Tabla 14. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores (W/m²K).

Para saber qué coeficiente b se tiene que escoger, nos vamos a ayudar de la siguiente tabla recogida en el CTE:

A_{h-nh}/A_{nh-e}	Aislado nh-e – No aislado h-nh
	CASO 1
$< 0,25$	0,91
$0,25 \leq 0,50$	0,77
$0,50 \leq 0,75$	0,67
$0,75 \leq 1,00$	0,59
$1,00 \leq 1,25$	0,53
$1,25 \leq 2,00$	0,44
$2,00 \leq 2,50$	0,36
$2,50 \leq 3,00$	0,32
$> 3,00$	0,28

Tabla 15. Coeficiente de reducción de temperatura b.

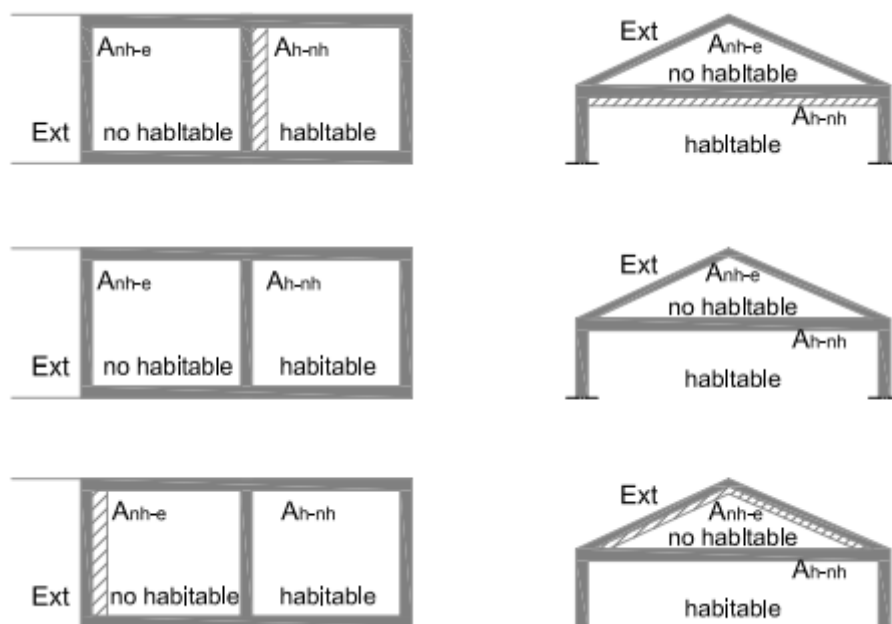


Figura 1. Espacios habitables en contacto con espacios no habitables.

Las particiones interiores que forman la envolvente térmica se van a ordenar por planta del edificio para que resulte más fácil la búsqueda.



B) COMPROBACIONES DE LOS VALORES LÍMITE SEGÚN EL CTE (ZONA C4)

• 1ª COMPROBACIÓN: LIMITACIÓN DE DESCOMPENSACIONES.

Para que no se den descompensaciones entre la calidad térmica de los diferentes espacios, la transmitancia de cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica no debe superar los valores indicados en la siguiente tabla:

Tipo de elemento		Zona climática de invierno
		C
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,35
	Particiones verticales	1,20
Entre unidades de distinto uso Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	0,95

Tabla 16. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} [W/m²K].

En el anexo perteneciente al cálculo de la envolvente térmica se puede ver que todos los cerramientos y particiones interiores cumplen con estos valores.

• 2ª COMPROBACIÓN:

Se comprueban los valores límite de los parámetros característicos medios para la zona de baja carga interna y para la zona de alta carga interna del edificio.

Para que cumpla con el CTE, todas las $U_{xm} < U_{xlim}$

Nota: Los puentes térmicos no se consideran al ser cada uno de ellos inferior a 0,5 m² y además no hay ningún lucernario.

- Para las cubiertas: $U_{Cm} = \frac{\sum A_{Ci} \cdot U_{Ci}}{\sum A_{Ci}} \leq U_{Clim}$
- Para los suelos: $U_{Sm} = \frac{\sum A_{S2} \cdot U_{S2} + \sum A_{S3} \cdot U_{S3}}{\sum A_{Si}} \leq U_{Slim}$
- Para las fachadas (por orientación): $U_{Mm} = \frac{\sum A_{Mi} \cdot U_{Mi}}{\sum A_{Mi}} \leq U_{Mlim}$
- Para los huecos y lucernarios: $U_{Hm} = \frac{\sum A_{Hi} \cdot U_{Hi}}{\sum A_{Hi}} \leq U_{Hlim}$ $F_{Hm} = \frac{\sum A_{Hi} \cdot F_{Hi}}{\sum A_{Hi}} \leq F_{Hlim}$

Nota: No se consideran puentes térmicos en esta comprobación, ya que son menores en cada caso de 0,5 m².



Se comprueba en los resultados anteriores que todos los valores característicos medios de baja carga interna y alta carga interna que pertenecen a la envolvente térmica no sobrepasan los valores límite que nos proporciona el CTE.

● **3ª COMPROBACIÓN:**

En este apartado se va a tener en cuenta el tipo de condensación con la comprobación que corresponde a los valores límite; por lo que hay que diferenciar entre condensaciones superficiales e intersticiales.

Para evitar la formación de mohos en la superficie interior se van a limitar las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores de forma que, en aquellas superficies interiores de los cerramientos con materiales absorbentes o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos, la humedad relativa media mensual será inferior al 80 %.

En cuanto a las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos o particiones interiores de la envolvente térmica, no deberán producir una reducción significativa en sus prestaciones térmicas ni suponer un riesgo de degradación.

La máxima condensación acumulada en cada año no debe sobrepasar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Todos los espacios serán de higrometría 3, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55%

CONDICIONES EXTERIORES	
$\theta_e(^{\circ}\text{C})$ (T^a Exterior)	8.7
Φ_e (Humedad relativa)	77%
CONDICIONES INTERIORES	
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	
T^a interior ($^{\circ}\text{C}$)	20
Φ_i (Humedad relativa)	55%
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	
T^a interior ($^{\circ}\text{C}$)	20
Clase de higrometría (3) (Φ_i)	55%

Tabla 17. Condiciones exteriores e interiores.

I. Limitación de las condensaciones superficiales:

Para realizar la comprobación de la limitación de las condensaciones superficiales para cerramientos y particiones interiores, se van a comparar dos factores. Uno es el factor de temperatura de la superficie interior " f_{RSI} " y el otro es el factor de temperatura interior mínimo " $f_{RSI,min}$ ". La comprobación debe cumplir:

$$f_{RSI} > f_{RSI,min}$$

Se debe especificar que, por sus características, no va a ser necesaria dicha comprobación en aquellas particiones interiores que lindan con espacios no habitables donde



se prevea escasa producción de vapor de agua, así como cerramientos en contacto con el terreno.

II. Limitación de las condensaciones intersticiales:

En esta comprobación se van a comparar la presión del vapor “P” con la presión del vapor de saturación “P_{sat}” en un punto intermedio de un cerramiento que esté formado por diferentes capas.

$$P < P_{\text{Sat}}$$

Para cada cerramiento se debe cumplir varios parámetros: la distribución de temperaturas, la distribución de presiones de vapor de saturación para estas temperaturas y la distribución de presiones de vapor.

Se utilizarán las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e)$$

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n+1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Las fichas de conformidad de las condensaciones propuesta por el CTE están todas dentro de los valores límites (ver Anexo nº 2).

1.20.2.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO.

Las condiciones exteriores consideradas para los diferentes cálculos de verano e invierno son las siguientes:



Localidad _____ Jaén
Altitud sobre el nivel del mar _____ 436 m
Latitud _____ 37.73 ° N
Hora solar de cálculo _____ 15 horas
Mes de cálculo _____ Julio / Enero
Temperatura exterior _____ 35 / 2,6 °C
Excursión térmica diaria _____ 15 / 20 ° C
Humedad relativa exterior _____ 37 / 77 %
Humedad relativa interior _____ 55 %

Nota: Los valores que están comprendidos entre (/), el primer término corresponde al valor de verano y el segundo al de invierno.

1.20.3.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO.

La temperatura interior que se va a considerar para realizar los pertinentes cálculos se establecerá en 24 °C para verano y 22 °C para invierno, cumpliendo así con la normativa vigente.

La humedad relativa interior en verano se fijará en 55%.

Para el invierno no se tendrá en cuenta la humedad, por lo que se mantendrá la humedad absoluta del exterior.

1.20.4.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN VERANO (Ver ANEXO Nº 3).

Para calcular las cargas térmicas se van a considerar los datos para el día 23 de julio y para las 15 horas solares.

Debido a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior (en verano mayor la exterior) se produce un flujo de calor desde el local, el cual, se tiene que extraer si se quiere mantener la temperatura.

La carga térmica es el valor del calor (sensible + latente) que entra o sale del local por lo que habrá que contrarrestar para que no se caliente o enfríe. Esta carga térmica hay que cuantificarla para decidir la potencia de la maquinaria que se va a instalar.

Para obtener la carga térmica que hay que extraer del local se va a dividir en dos grupos: uno de calor sensible y otro de calor latente, y a su vez, estos grupos se subdividirán en una serie de partidas.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Después de calcular cada una de las diferentes partidas, se sumarán y obtendremos dos grupos, las cargas térmicas sensibles parciales y las cargas térmicas latentes parciales.

Estas cargas parciales se van a multiplicar por un coeficiente que se denomina de seguridad para corregir posibles fallos en el cálculo de las partidas. Este coeficiente consistirá en aumentarle a las cargas parciales un 10 % y así obtenemos las cargas térmicas sensibles y latentes totales.

La carga térmica total será la suma de ambas cargas, las sensibles y las latentes.



1.20.5.- CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS EN INVIERNO (Ver ANEXO Nº3).

Para calcular las cargas térmicas en invierno de una instalación de calefacción se tendrán que determinar los siguientes conceptos:

- Pérdidas térmicas hacia el exterior (a través de las paredes del edificio).
- Infiltraciones de aire exterior en los locales calentados, lo cual provoca:
 - Pérdida de calor sensible que corresponde al calor que se necesita para calentar el aire infiltrado desde la temperatura exterior a la ambiental del local.
 - Pérdidas de calor latente correspondiente al caudal de agua que debe ser evaporada para llevar al aire de infiltración desde la humedad específica que tiene a la requerida en el interior del local.
- Calor necesario para llevar el aire exterior de ventilación a las interiores del local.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Después de calcular las pérdidas de calor a través de las diferentes paredes, se sumarán obteniendo las cargas térmicas sensibles parciales.

Estas cargas se multiplicarán por un coeficiente de seguridad para corregir posibles fallos en el cálculo de las partidas y consistirá en aumentarle a las cargas parciales un 10 %. Así se obtienen las cargas térmicas sensibles totales.

La carga térmica total será la suma de las cargas anteriormente mencionadas. El calor sensible de iluminación no se tendrá en cuenta por ser favorable, y el de ventilación sí. La carga térmica del local se consigue con la suma de todas éstas.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tanto para verano como para invierno. Los cálculos realizados quedan recogidos en el ANEXO Nº3.

Planta baja	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 1	24,79	23,81
Aula 2	52,65	51,21
Aula 3	24,81	23,81
Aula 4	17,32	17,10
Aula 5	18,32	17,88
Aula 6	17,29	17,10
Conserjería	1,59	1,18
Unidad de conserjería encargada de equipo	1,18	0,85
Seminario 01	5,59	4,32
Seminario 02	6,13	5,98
Vestíbulo	10,16	7,33

Tabla 18. Cargas térmicas para planta baja.



Planta primera	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 11	24,79	23,81
Aula 12	20,58	19,97
Aula 13	24,81	23,81
Aula 14	17,32	17,10
Aula 15	18,32	17,88
Aula 16	17,29	17,10
Seminario 11	5,57	4,31
Seminario 12	7,45	5,82
Seminario 13	4,82	3,72
Laboratorio de Psicología	10,49	8,13
Psicología Control	3,52	2,76
Vestíbulo	9,93	7,17

Tabla 19. Cargas térmicas para planta primera.

Planta segunda	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 21	25,68	24,75
Aula 22	21,44	20,87
Aula 23	25,70	24,75
Aula 24	18,02	17,83
Aula 25	19,05	18,64
Aula 26	17,98	17,83
Seminario 21	10,49	8,13
Seminario 21 - Anexo	3,67	2,91
Seminario 22	7,45	5,82
Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	5,57	4,31
Comedor y acceso a vestuario (derecha)	4,82	3,72
Vestíbulo	12,27	9,63

Tabla 20. Cargas térmicas para planta segunda.

	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
TOTAL EDIFICIO	516,85	481,33

Tabla 21. Cargas térmicas totales.



1.20.6.- INSTALACIÓN DE FANCOIL PARA LA CLIMATIZACIÓN (Ver ANEXO Nº2).

Como se ha dicho anteriormente en la memoria, se van a instalar fancoils cassette para la climatización tanto en el periodo de verano como de invierno. La instalación va a ir conectada a un depósito de inercia mediante una red de tuberías de agua. Este depósito irá conectado a su vez a una caldera de biomasa. Esa caldera alimentará los fancoils para contrarrestar la carga térmica en invierno y en verano, se conectará a una máquina de absorción.

Se controlará la instalación hidráulica de cada local climatizado con ayuda de un termostato el cual irá conectado a una válvula de tres vías, que se va a encargar de detener la circulación de agua dentro del fancoil. Cuando esto suceda, el agua que procede del depósito será desviada hasta la tubería de retorno de vuelta al mismo depósito.

Estos fancoils trabajarán con la carga térmica debida a las partidas correspondientes que hemos visto anteriormente.

Los fancoils se han elegido de la marca Aermec.

La instalación de las redes de agua se explicará más adelante.

La instalación de los fancoils será de cuatro vías (una instalación para verano y otra para invierno).

En el **ANEXO Nº 2** se puede encontrar toda la información relacionada a los fancoils, caldera de biomasa y máquina de absorción, además, se incluye sus características y dimensiones.

1.20.7.- INSTALACIÓN DE LA VENTILACIÓN (Ver ANEXO Nº2).

Para la instalación de ventilación, se introduce aire a los fancoils mediante una turbina de impulsión de aire exterior. Este aire se trata junto con el aire de la propia habitación

Para tratar el aire, estas unidades van a disponer de baterías de frío y de calor.

En el **ANEXO Nº 2** se explican sus características, los modelos, los caudales que se van a tratar y también las cargas térmicas.

1.20.8.- INSTALACIÓN DE VENTILADORES CENTRÍFUGOS (EXTRACTORES) EN LA INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN (Ver ANEXO Nº2).

Con el objetivo de extraer el aire viciado de los locales, se ha hecho una red de conductos que sacarán este aire al exterior con ayuda de ventiladores centrífugos o extractores situados en los recuperadores de calor. Esta red de conductos es diferente a la red de impulsión de aire.

Para dejar los locales en sobrepresión el caudal de extracción que han de extraer de cada local será algo menor que el que se introduce. Para saber cual es este caudal se ha utilizado la ecuación:

$$A_{ret} = A_{imp} - x \cdot VL$$

Siendo x = Factor de sobrepresión $x=1$
 VL = Volumen del local



1.20.9.- CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS (Ver ANEXO Nº 6).

Las tuberías que forman la red de distribución del sistema de fancoils van a ser de cobre.

Para calcular las secciones de las tuberías se procederá de la siguiente forma:

En primer lugar, se realizará un esquema numerado de la red de tuberías y se indicará el caudal máximo que se ha de transportar en cada tramo.

Seguidamente para cada tramo se calculará la sección, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El diámetro mínimo de las tuberías será de media pulgada.
- Si la pérdida de carga es menor de 5 mm. c. a se pasará a un diámetro menor, pero si el diámetro es de media pulgada se mantendrá éste.
- Si la pérdida de carga es mayor de 40 mm.c.a se pasará a un diámetro superior.

Primero, se va a calcular el caudal máximo que cada fancoil tiene que utilizar dependiendo de la carga térmica.

$$Q = \frac{P}{C_e \cdot (T_e - T_i)}$$

Donde: P = Calor máximo a través a tratar por el fancoil

C_e = Calor específico del agua = 1kcal/kg°C

$(T_e - T_i)$ = Salto térmico = 5°C Refrigeración

Seguidamente, se calcula la sección teórica y con esta sección, el diámetro teórico utilizando las siguientes ecuaciones:

$$S_{teor} = \frac{Q(l/h)}{v(m/s)} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$$

Como se selecciona un diámetro normalizado (de 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125 o 160 mm) se volverá a calcular las velocidades finales:

$$v = \frac{Q(l/h)}{S(m^2)}$$

1.20.10.- CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS (Ver ANEXOS Nº 7 para impulsión y Nº 8 para retorno).

Esta red de conductos se va a encargar del transporte del aire que se necesita para climatizar el local.

Debemos diferenciar entre dos tipos de redes, la de impulsión y la de retorno. En la red de impulsión, los conductos van a ser de chapa galvanizada con aislante exterior y la de



retorno, los conductos van a ser también de chapa galvanizada, pero sin aislamiento. Siempre se cumplirá la normativa vigente.

Para ello, se van a considerar ciertas limitaciones como son la disponibilidad del espacio, distribución del aire del local, niveles de ruido, etc.

Las redes serán de baja velocidad, siendo la velocidad de salida de la unidad de tratamiento de aire 7 m/s.

Cada diez metros se colocará un punto de limpieza. Las rejillas se consideran también puntos de limpieza. Estos puntos se conocen como registros.

Por seguridad las rejillas se colocarán a una altura superior de 2m.

Para el cálculo se ha empleado el método de Pérdida de Carga Constante, y para las pérdidas por accesorios y por geometría utilizaremos el método de las longitudes equivalentes.

El cálculo se va a dividir en dos partes: en una se van a dimensionar los tramos rectos y en la segunda se calculan las pérdidas por fricción en los accesorios.

Para los tramos rectos se va a utilizar el diagrama que se muestra a continuación, el cual relaciona las pérdidas de presión unitarias ($\Delta P/L$) con los caudales, las velocidades y los diámetros equivalentes. Si partimos de la velocidad del tramo inicial y su caudal, se obtiene su pérdida de carga y su diámetro equivalente.

Los cálculos y dimensiones de los conductos se muestran en el **ANEXO Nº 7** para la red de impulsión y en el **ANEXO Nº 8** para la red de retorno.

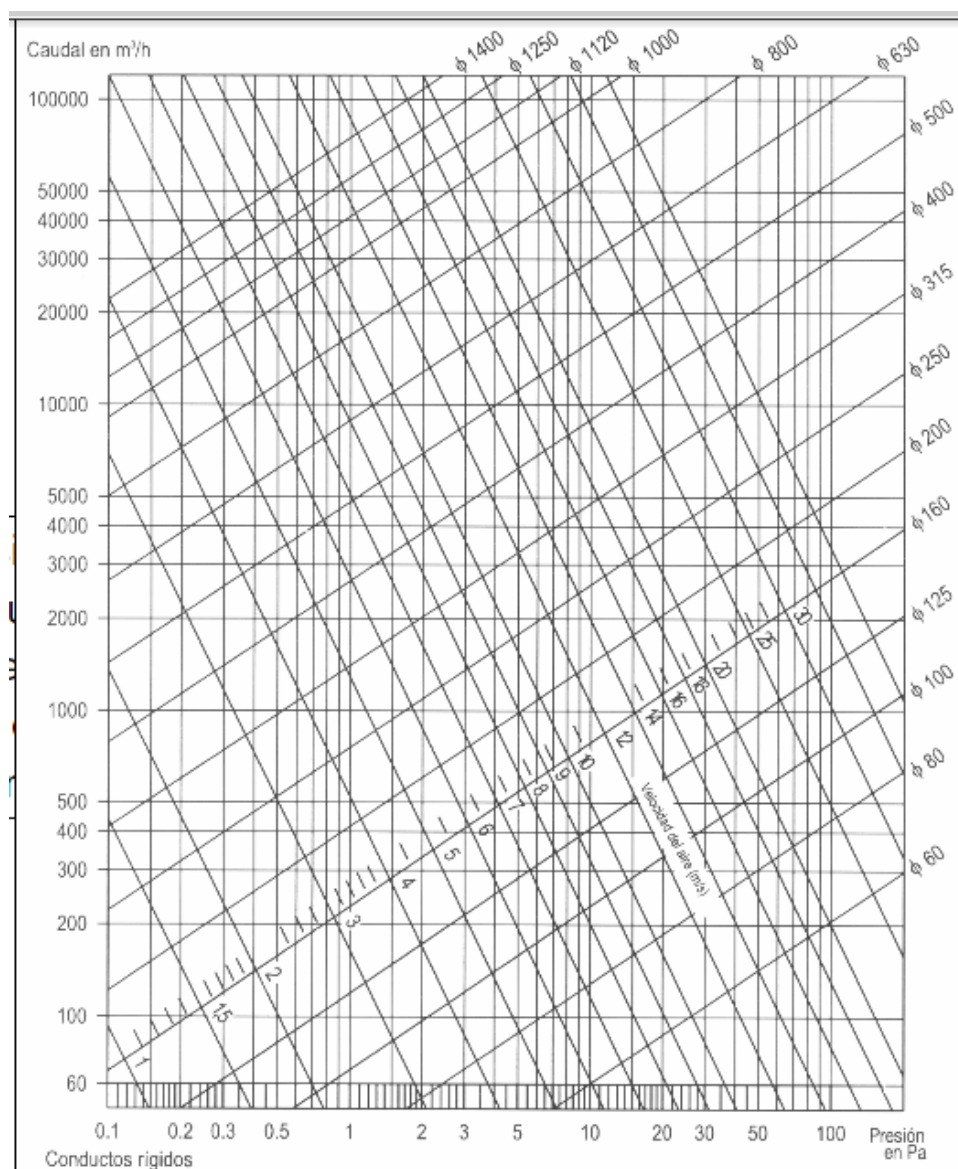


Figura 2. Diagrama velocidad – caudal – diámetro equivalente – pérdida de presión para conductos de aire.

Una vez hayamos obtenido los diámetros equivalentes, con ayuda de la siguiente tabla se obtienen las dimensiones del conducto rectangular equivalente a ese diámetro.



CHART: Circular diameter equivalent "D" to a rectangular with "A/B" sides. Corrected values
TABLA: Diámetro circular equivalente "D" a uno rectangular de lados "A/B". Valores corregidos

A/B	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
100	109																														
125	122	137																													
150	133	150	164																												
175	143	161	177	191																											
200	152	172	189	204	219																										
225	161	181	200	216	232	246																									
250	169	190	210	228	244	259	273																								
275	176	199	220	238	256	272	287	301																							
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328																						
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383																					
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437																				
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492																			
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547																		
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601																	
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656																
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711															
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765														
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820													
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875												
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984											
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093										
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146	1202									
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1196	1256	1312								
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	1244	1306	1365	1421							
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289	1354	1416	1475	1530						
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332	1400	1464	1526	1584	1640					
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749				
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858			
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968		
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077	
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186

UNE 100-230-95 chart based on the Huesbscher equation: $D_e = 1.3 \frac{(A \times B)^{0.38}}{(A+B)^{0.14}}$
Tabla UNE 100-230-95 basada en la ecuación de Huesbscher:

Tabla 22. Dimensiones de los conductos en función de los diámetros equivalentes.

Para las pérdidas en los distintos accesorios se va a incrementar en un 50% la longitud de cada tramo con el objetivo de obtener la longitud total en metros equivalentes y multiplicarla por la pérdida de carga unitaria obteniendo la pérdida de carga total en cada tramo.

Una vez hecho este cálculo para todos los tramos de cada circuito se mira cual es el más desfavorable, se suman las pérdidas de cada tramo y la pérdida de carga total del camino más desfavorable es la mínima presión disponible que ha de tener el ventilador de la unidad de tratamiento.

1.21.- PRESUPUESTO

Para la realización de las instalaciones que componen el presente trabajo, el presupuesto de ejecución material viene calculado en el Documento N°4: Presupuesto.

1.22.- BIBLIOGRAFÍA

APUNTES DE LA ASIGNATURA "INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN"

MANUAL TÉCNICO: APLICACIONES DE CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN



MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO, de CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

DA DB-HE/2: COMPROBACIÓN DE LIMITACIÓN DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES E INTERSTICIALES EN LOS CERRAMIENTOS

DB-HE2: NORMATIVA R.I.T.E. 2007

CATÁLOGO CALPEDA: CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN

CATÁLOGO DE REJILLAS: EUROCLIMA DIFUSIÓN, SA

CATÁLOGO AERMEC PARA FANCOILS

SODECA: RECUPERADORES DE CALOR Y UNIDADES DE FILTRACIÓN

GRUPO NOVA ENERGÍA: MÁQUINAS DE ABSORCIÓN

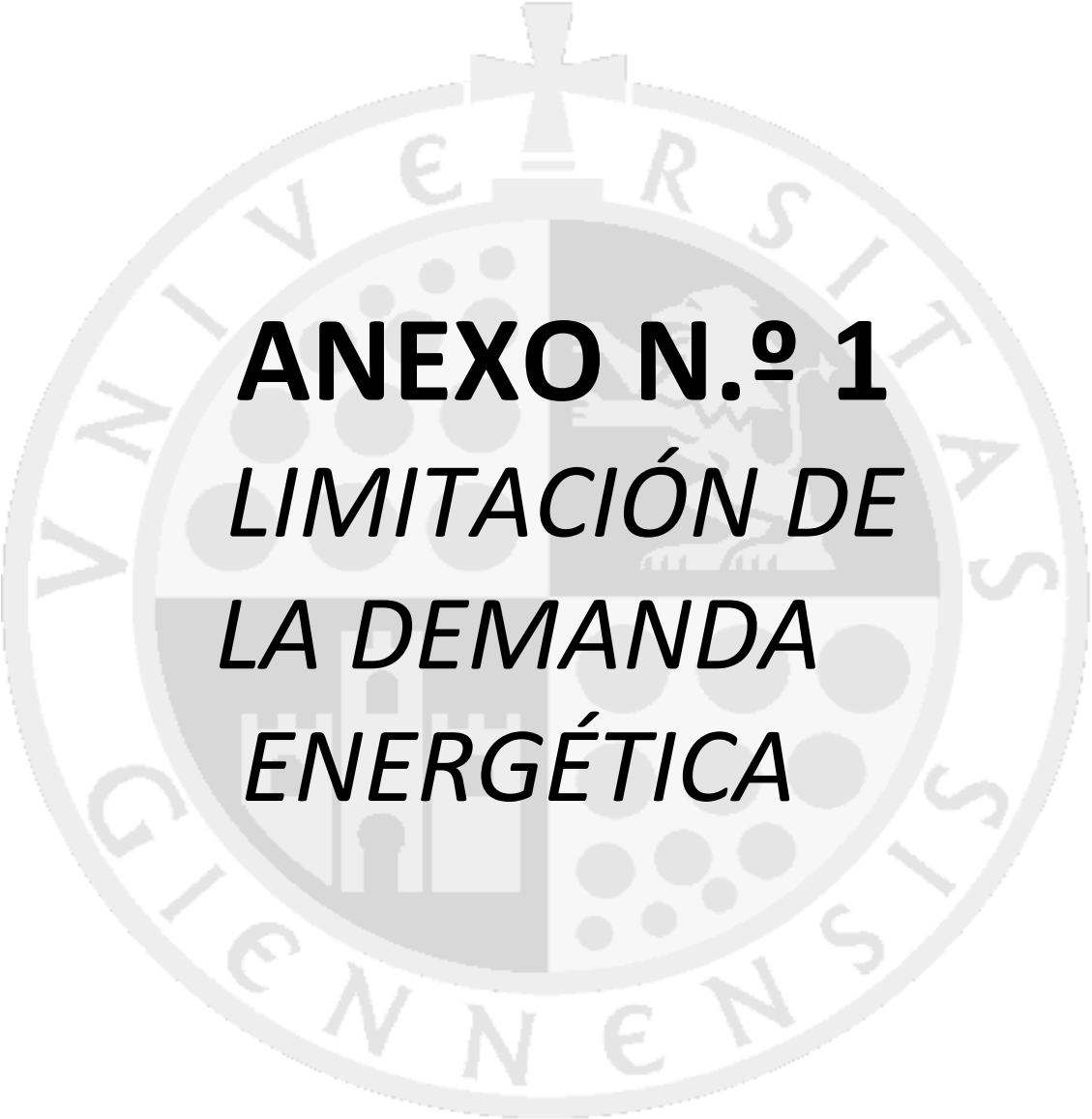
FROLING: CALDERA DE PELLETS

1.24.- CONCLUSIONES

Con todo lo expuesto en los puntos que anteceden y en los documentos que acompañan a la Memoria, el alumno que suscribe el presente Trabajo Fin de Grado de Instalación de Climatización, cree ser lo suficientemente explícito.

Jaén, septiembre de 2022

Carmen Rubio Lara



ANEXO N.º 1

LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA



ÍNDICE DEL ANEXO Nº1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1.- TRANSMITANCIAS Y FACTORES SOLARES DE LA ENVOLVENTE	33
1.1.- Cerramientos en contacto con el aire exterior (M1)	33
1.2.- Cerramientos en contacto con el terreno (S1)	34
1.3.- Cubiertas en contacto con el aire exterior (C1)	35
1.4.- Huecos y Lucernarios (H)	36
1.4.1.- Ventanas y marcos	36
1.4.2.- Puertas	37
1.4.3.- Factor solar modificado de huecos	38
1.5.- Particiones interiores con espacios no habitables	39
1.6 Cerramientos en contacto con el suelo interior (S3).....	41
2.- COMPROBACIONES DE LOS VALORES LÍMITE.....	41
2.1.- 1ª COMPROBACIÓN:	41
2.2.- 2ª COMPROBACIÓN:	42
2.3.- 3ª COMPROBACIÓN: CONDENSACIONES	42
2.3.1.- LIMITACIÓN DE LAS CONDENSACIONES INTERSTICIALES	43
2.3.2.- Limitación de las condensaciones intersticiales	43



LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para mejorar los parámetros de calidad en el edificio, es decir, realizar una disminución de la demanda energética para que se adapte a las demandas actuales, el Gobierno Español ha acordado una normativa acorde a los países de nuestro entorno. El Código Técnico de la Edificación (CTE) se aprueba a través del Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo, el cual, es de obligado cumplimiento desde el 29/09/2006.

La demanda energética del edificio va a depender del clima de la localidad en el que se ubique, según la zonificación climática y de la carga interna de sus edificios.

La zona climática del edificio de estudio es la C4 ya que se encuentra ubicado en Jaén.

En relación de cómo clasificar los espacios, todos son habitables.

1.- TRANSMITANCIAS Y FACTORES SOLARES DE LA ENVOLVENTE

Para poder calcular las cargas térmicas, el CTE establece que los parámetros necesarios para ello son el valor de la transmitancia y el factor solar modificado de huecos y lucernarios.

La envolvente térmica está formada por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el exterior y también por todas las particiones interiores que limitan espacios habitables con los no habitables, los cuales a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

1.1.- Cerramientos en contacto con el aire exterior (M1)

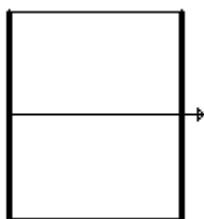
El valor de la transmitancia térmica es $U = \frac{1}{R_T}$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \quad \text{Siendo} \quad R_i = \frac{e}{\lambda}$$

Dónde: e = espesor de la capa.

λ = Conductividad térmica del material de la capa (W/mK).

R_{si} y R_{se} son las resistencias superficiales correspondientes al aire interior y exterior



Cerramientos verticales y flujo de calor horizontal



Muros Exteriores: M1	e (m)	λ (W/m°C)	$R_n = e / \lambda$	R_{se}	R_{si}
Ladrillo exterior	0,2	0,76	0,26	0,04	0,13
Aislamiento de poliuretano	0,04	0,023	1,74	0,04	0,13
Cámara de aire	0,05		0,18	0,04	0,13
Ladrillo interior	0,07	0,027	0,26	0,04	0,13
Enlucido de yeso	0,015	0,30	0,05	0,04	0,13

Tabla 1. Propiedades para cada componente que forman los muros exteriores.

R_t (m²K/W)	U (W/m²K)
5,00	0,200

Tabla 2. Resistencia y transmitancia para los muros exteriores.

1.2.- Cerramientos en contacto con el terreno (S1)

Toda la planta del edificio se encuentra en contacto con el terreno mediante una losa apoyada directamente sobre el mismo.

La transmitancia se va a obtener con ayuda de la siguiente tabla y va a depender de la profundidad de la solera respecto del terreno, de la banda de aislamiento perimétrico "D", de la resistencia térmica del aislante " $R_a = e/\lambda$ " y de la longitud característica B' .

$$B' = \frac{A}{1/2 \cdot P} \quad P = \text{Perímetro (m)} \text{ y } A = \text{Área de la solera (m}^2\text{)}$$

En nuestro caso, la solera se encuentra desprovista de aislamiento térmico, por lo que $R_a = 0$.



B'	R _a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _a (m ² ·K/ W)					R _a (m ² ·K/ W)					R _a (m ² ·K/ W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Tabla 3. Transmitancia térmica U_s en W/m²·K.

La siguiente tabla muestra el resultado obtenido del cálculo de la transmitancia. Para ello ha sido necesario interpolar con los datos de la tabla anterior:

Superficie A (m ²)	Perímetro P (m)	B'	U (W/m ² K)
1630	397	8,20	0,590

Tabla 4. Resultado obtenido del cálculo de la transmitancia.

1.3.- Cubiertas en contacto con el aire exterior (C1)

Se calcula igual que los cerramientos en contacto con el aire exterior, variando la composición del cerramiento:



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

Tabla 5. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$.

Cubierta C1	λ (W/m °C)	e (m)	$R_n=e/\lambda$	Rse	Rsi	R_T (m^2K/W)	U (W/m^2K)
Baldosa	1,05	0,02	0,0190	0,04	0,1	2,986	0,335
Mortero de cemento	1,4	0,02	0,0143				
Eps Polist. Exp III	0,023	0,06	2,6087				
Hormigón + Bovedillas	1,3	0,2	0,1538				
Yeso	0,3	0,015	0,0500				

Tabla 6. Propiedades para cada componente que forman la cubierta.

R_t (m^2K/W)	U (W/m^2K)
2,986	0,335

Tabla 7. Resistencia y transmitancia para la cubierta.

1.4.- Huecos y Lucernarios (H)

La transmitancia de los huecos U_H (W/m^2K) se determina mediante la siguiente fórmula:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

Siendo $U_{H,v}$ = Transmitancia de la parte semitransparente.

$U_{H,m}$ = Transmitancia del marco de la ventana o puerta.

FM = Fracción del hueco ocupada por el marco.

1.4.1.- Ventanas y marcos

La transmitancia del marco de PVC con dos cámaras es de $2,2 W/m^2K$, la cual ha sido obtenida mediante Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, documento redactado por IDAE.



La transmitancia de la parte semitransparente es de $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, al ser un conjunto de dos cristales de 4 mm de espesor, con cámara de aire de 10 mm y un tratamiento en uno de los vidrios para conseguir baja emisividad. El valor ha sido obtenido mediante Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los edificios, documento redactado por IDAE.

Vidrio	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi
Vidrio con cámara de aire y baja emisividad	0,555	0,04	0,13

Tabla 8. Resistencias superficiales exterior e interior para el vidrio de la ventana.

$R_T (\text{m}^2 \text{K/W})$	$U_{H,v} (\text{W/m}^2 \text{K})$
0,725	1,379

Tabla 9. Resistencia y transmitancia para el vidrio de la ventana.

Marco	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi
PVC doble cámara	0,455	0,04	0,13

Tabla 10. Resistencias superficiales exterior e interior para el marco de la ventana.

$R_T (\text{m}^2 \text{K/W})$	$U_{H,m} (\text{W/m}^2 \text{K})$
0,625	1,6

Tabla 11. Resistencia y transmitancia para el marco de la ventana.

Con un FM = 0,15 obtenemos el siguiente resultado:

$$U_H = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1.4.2.- Puertas

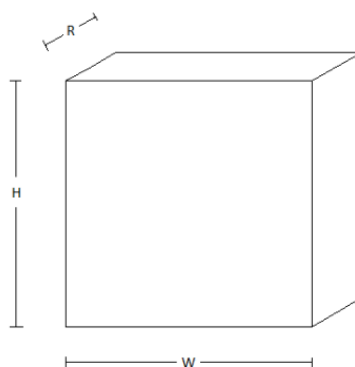


Ilustración 1.

La transmitancia de las puertas es la siguiente:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad \text{Siendo: } FM = 1$$

$$U_{H,m} = \frac{1}{0,13 + 0,04 + 0,195} = 2,74$$

$$U_H = 2,74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1.4.3.- Factor solar modificado de huecos

El factor solar modificado de huecos se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s * [(1 - FM) * g + FM * 0.04 * U_m * \alpha]$$

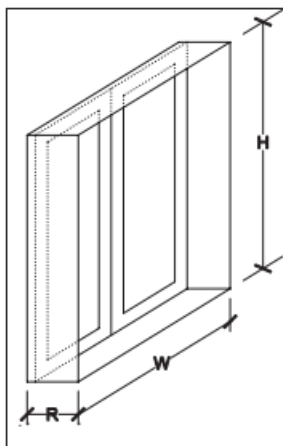
Dónde: F_s = Factor de sombra del hueco obtenido de la tabla E.12 del DB-HE.

FM = Fracción del hueco ocupada por el marco.

g = Factor solar de la parte semitransparente del hueco.

U_m = Transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$\text{W/m}^2\text{K}$]

α = Absortividad del marco obtenida de la tabla E.10 del DB-HE en función de su color.



			$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
ORIENTACIONES DE FACHADAS	S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
		$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
		$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
		$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Tabla E.12. Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo.



Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Tabla E.10. Absortividad del marco para radiación solar α .

1.5.- Particiones interiores con espacios no habitables

Las transmitancias se obtienen por la expresión:

$$U = U_p \cdot b \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Donde:

U_p = Transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable.

Se calcula según las ecuaciones utilizadas anteriormente para calcular la transmitancia de un cerramiento en contacto con el exterior, que recordamos a continuación:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{donde} \quad R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} = R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} R_i + R_{se}$$

Las resistencias superficiales se obtienen de la siguiente tabla:



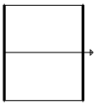
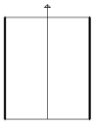
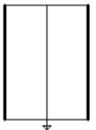
Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor		$R_{se}=R_{si}$	
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente		0,17	0,17

Tabla 12. Resistencias superficiales según la posición de la partición interior y sentido del flujo de calor.

b : coeficiente de reducción de temperaturas obtenido a partir de la relación $\frac{A_{iu}}{A_{eu}}$ en la tabla del CTE para el caso 1 (espacio ligeramente ventilado) y partición exterior aislada con partición interior no aislada. Donde A_{iu} es el área del cerramiento del espacio habitable en contacto con el espacio no habitable, y A_{eu} es el área del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el aire exterior.

Las siguientes particiones interiores que forman la envolvente térmica son:

Muros interiores: M2	e (m)	λ (W/ m °C)	$R_n = e/\lambda$	R_{se}	R_{si}
Yeso	0,015	0,3	0,05	0,13	0,13
Ladrillo hueco	0,1	0,76	0,13	0,13	0,13
Espuma elastomerica.	0,04	0,023	1,74	0,13	0,13
Ladrillo hueco	0,1	0,76	0,13	0,13	0,13
Yeso	0,015	0,3	0,05	0,13	0,13

Tabla 13. Propiedades para cada componente que forman los muros interiores.

R_t (m ² K/W)	U_p (W/m ² K)
2,36	0,423

Tabla 14. Resistencia y transmitancia para el muro interior.



		Aiu	Aue	Aiu/Aue	b	U (W/m ² K)
Planta Baja	Vestíbulo - Aulas + Seminarios + Conserjerías	619,98	1928,94	0,32	0,77	0,326
	Aseos señoras - Conserjería	5,91	8,1	1,93	0,44	0,186
	Conserjería encargados equipo - C Comunicaciones	5,91	16,5	0,36	0,77	0,326
	Seminario 01 - Instalaciones	4,95	16,53	0,30	0,77	0,326
Planta Primera	Seminario 12 - Aseo señoras	17,43	8,1	2,15	0,36	0,152
Planta Segunda	Seminario 22 - Aseo señoras	17,43	8,1	2,15	0,36	0,152

Tabla 15. Cálculo de transmitancias para las particiones interiores con espacios no habitables.

1.6 Cerramientos en contacto con el suelo interior (S3).

Se calcula igual que los cerramientos en contacto con el aire exterior, variando la composición del cerramiento:

Suelo interior: S3	λ (W/ m °C)	e (m)	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi	R_T (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Baldosa	1	0,02	0,020	0,04	0,013	1,150	0,869
Mortero de cemento	1,4	0,02	0,014				
fibra de vidrio tipo 1	0,044	0,04	0,909				
Hormigón armado	1,3	0,2	0,154				

Tabla 16. Propiedades para cada componente y cálculo de la transmitancia térmica para los cerramientos en contacto con el suelo interior.

2.- COMPROBACIONES DE LOS VALORES LÍMITE

2.1.- 1ª COMPROBACIÓN:

Cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrá un valor límite de transmitancia térmica. Dicha transmitancia no superará el valor de la tabla 3.2-HE1 que encontramos en el documento DB – HE, en función del uso asignado a las distintas unidades de uso que delimiten:



		Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00
Entre unidades de distinto uso Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 17. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} [W/m^2K].

En nuestro caso, la transmitancia es de 0,869 W/m^2K en el suelo interior y de 0,423 W/m^2K en los muros interiores, por lo que se cumple la norma.

2.2.- 2ª COMPROBACIÓN:

La transmitancia térmica de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica no superará el valor límite de la tabla 3.1.1.a – HE1 del documento DB – HE:

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

Tabla 18. Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m^2K].

2.3.- 3ª COMPROBACIÓN: CONDENSACIONES

Para esta comprobación se tiene que tener en cuenta el tipo de condensación. Hay que diferenciar entre condensaciones superficiales y condensaciones intersticiales.

En cuanto a las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica, estas se limitarán con el objetivo de limitar la formación de mohos en la superficie interior.

Las condensaciones intersticiales en los cerramientos o particiones interiores que componen la envolvente térmica se limitarán para que no produzca una merma significativa en sus prestaciones térmicas o para que no sean un riesgo de degradación o pérdida de vida útil.



En cuanto a las condiciones exteriores para el cálculo de condensaciones, se toman como temperaturas y humedades relativas exteriores los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio.

Para las condiciones interiores para el cálculo de condensaciones intersticiales, se puede tomar una temperatura del ambiente interior igual a 20°C y en cuanto a la humedad relativa: todos los espacios serán de higrometría 3 correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55% (DA DB HE 2)

CONDICIONES EXTERIORES	
$\theta_e(^{\circ}\text{C})$ (T° Exterior)	8,7
Φ_e (Humedad relativa)	77%
CONDICIONES INTERIORES	
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	
T° interior ($^{\circ}\text{C}$)	20
Φ_i (Humedad relativa)	55%
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	
T° interior ($^{\circ}\text{C}$)	20
Clase de higrometría (3) (Φ_i)	55%

Tabla 19. Condiciones exteriores e interiores para el cálculo de condensaciones.

2.3.1.- LIMITACIÓN DE LAS CONDENSACIONES INTERSTICIALES

Esta comprobación no procede porque por sus características, no es necesaria la comprobación de aquellas particiones interiores que lindan con espacios no habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno, que son todas las particiones que tenemos en el edificio.

2.3.2.- Limitación de las condensaciones intersticiales

Esta limitación consiste en comparar la presión del vapor P con la presión del vapor de saturación P_{sat} en un punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas.

$$P < P_{\text{sat}}$$

Para cada cerramiento se debe calcular:

- La distribución de temperaturas.
- La distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas anteriores.
- La distribución de presiones de vapor.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS



La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de la temperatura del aire a ambos lados, así como de las resistencias térmicas superficiales R_{se} y R_{si} y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, \dots, R_n$)

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

- Temperatura superficial exterior:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

θ_e = Temperatura exterior de la localidad del edificio (media del mes de enero) [$^{\circ}\text{C}$]

θ_i = Temperatura interior del recinto [$^{\circ}\text{C}$]

R_T = Resistencia térmica total del componente constructivo [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

R_{se} = Resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

- Temperatura de cada una de las capas:

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

- Temperatura superficial interior:

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

DISTRIBUCIÓN DE LA PRESION DEL VAPOR DE SATURACIÓN



$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

DISTRIBUCIÓN DE LA PRESION DE VAPOR

La distribución de la presión de vapor a través del cerramiento se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n+1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

P_i = Presión de vapor del aire interior [Pa].

P_e = Presión de vapor del aire exterior [Pa].

P_n = Presión en cada capa [Pa].

S_{dn} = Espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m]:

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e)$$

μ_n = Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, que se puede obtener a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2012.

e_n = Espesor de la capa n [m].

ϕ_i = Humedad relativa del ambiente interior.

ϕ_e = Humedad relativa del ambiente exterior.

1. Muros en contacto con el aire exterior M1:



Muros ext.: M1	λ (W/m°C)	e (m)	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi	Rt	U	μ
Ladrillo exterior	0,76	0,2	0,26	0,04	0,13	4,995	0,200	10
Aislamiento	0,023	0,04	1,74					20
Cámara de aire	-	0,05						1
Ladrillo interior	0,027	0,07	2,59					10
Yeso	0,3	0,015	0,05					6
Zona	Distr. de Tª	Psat (Pa)	Sd	Psat (Tª int)	Psat (Tª ext)	Pi	Pe	Pvapor
θ_{se} (sup. Ext.)	8,79	1131,32		2336,95	1124,41	1285,32	865,79	
θ_1 (Capa 1)	9,39	1177,71	2					1096,30
θ_2 (Capa 2)	13,32	1528,61	0,8					1188,51
θ_3 (Capa 3)	13,73	1569,70	0,05					1194,27
θ_4 (Capa 4)	19,59	2278,69	0,7					1274,95
θ_5 (Capa 5)	19,71	2294,74	0,09					1285,32
θ_{si} (sup. Int.)	20	2336,95	3,64					

Tabla 20. Comprobación de condensaciones intersticiales para muros exteriores.

II. Cubierta C2 (forjado techo):

Cubiertas: C2	λ (W/m°C)	e (m)	$R_n = e/\lambda$	Rse	Rsi	Rt	U	μ
Baldosa	1,05	0,02	0,0190	0,04	0,13	2,986	0,335	30
Mortero de cemento	1,4	0,02	0,0143					10
Eps Polist. Exp III	0,023	0,03	2,6087					20
Hormigón armado	1,3	0,2	0,1538					70
Yeso	0,3	0,015	0,0500					6
Zona	Distr. de Tª	Psat (Pa)	Sd	Psat (Tª int)	Psat (Tª ext)	Pi	Pe	Pvapor
θ_{se} (sup. ext.)	8,85	1135,99		2336,95	1124,41	1285,32	865,79	
θ_1 (Capa 1)	8,92	1141,54	0,6					881,44
θ_2 (Capa 2)	8,98	1145,71	0,2					871,01
θ_3 (Capa 3)	18,85	2175,70	0,6					897,08
θ_4 (Capa 4)	19,43	2256,08	14					1230,83
θ_5 (Capa 5)	19,62	2282,76	0,09					868,14
θ_{si} (sup. Int.)	20,00	2336,95	15,49					

Tabla 21. Comprobación de condensaciones intersticiales para la cubierta.



Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA
Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 1



ANEXO N.º 2

UNIDADES TERMINALES



**ÍNDICE DEL ANEXO Nº2:
SELECCIÓN DE UNIDADES TERMINALES**

1.- CAUDALES DE VENTILACIÓN DE CADA LOCAL Y SU SUPERFICIE	50
2.- SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE FANCOIL	51
2.1.- FANCOIL.....	51
2.2.- RECUPERADOR DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN	56
3.- REJILLAS DE IMPULSIÓN Y DE RETORNO.....	59
4.- CALDERA DE BIOMASA Y MÁQUINA DE ABSORCIÓN.....	60



1.- CAUDALES DE VENTILACIÓN DE CADA LOCAL Y SU SUPERFICIE

Los caudales que se han utilizado en este trabajo se muestran a continuación, éstos se han seleccionado en función de lo explicado en la memoria en el punto 1.11.

PLANTA BAJA		
Local	Superficie (m ²)	Caudal (m ³ /h)
Aula 1	131,57	3600
Aula 2	215,03	7830
Aula 3	131,57	3600
Aula 4	102,24	2565
Aula 5	106,39	2700
Aula 6	102,24	2565
Conserjería	29,06	135
Unidad de conserjería encargada de equipo	23,94	90
Seminario 01	24,34	630
Seminario 02	65,44	855
Vestíbulo	343,9	900

Tabla 1. Caudales para planta baja.

PLANTA PRIMERA		
Local	Superficie (m ²)	Caudal (m ³ /h)
Aula 11	131,60	3600
Aula 12	126,21	3015
Aula 13	131,60	3600
Aula 14	102,24	2565
Aula 15	106,39	2700
Aula 16	102,24	2565
Seminario 11	23,18	630
Seminario 12	31,07	855
Seminario 13	23,89	540
Laboratorio de Psicología	43,58	1215
Psicología Control	21,14	405
Vestíbulo	343,9	900

Tabla 2. Caudales para planta primera.



PLANTA SEGUNDA		
Local	Superficie (m ²)	Caudal (m ³ /h)
Aula 21	131,60	3600
Aula 22	126,21	3015
Aula 23	131,60	3600
Aula 24	102,24	2565
Aula 25	106,39	2700
Aula 26	102,24	2565
Seminario 21	48,32	1215
Seminario 21 - Anexo	16,39	405
Seminario 22	31,01	855
Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	23,91	630
Comedor y acceso a vestuario (derecha)	24,93	540
Vestíbulo	343,9	900

Tabla 3. Caudales para planta segunda.

2.- SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE FANCOIL

2.1.- FANCOIL

El tipo de fancoil que se va a emplear es el tipo cassette.

Se han elegido para el cálculo y dimensionado los siguientes modelos de la marca Aermec:

- **FCA 34R** → Potencia frigorífica = 1700 W
Potencia térmica = 3450 W
- **FCA 38R** → Potencia frigorífica = 3170 W
Potencia térmica = 3200 W
- **FCA 64R** → Potencia frigorífica = 3900 W
Potencia térmica = 3600 W
- **FCA 84R** → Potencia frigorífica = 6800 W
Potencia térmica = 6300 W
- **FCA 124R** → Potencia frigorífica = 7800 W
Potencia térmica = 6400 W



Tipo	Modelo	P frigorífica (kW)	P calorífica/térmica (kW)
Cassette	FCA 34R	1,7	3,45
	FCS 38R	3,17	3,2
	FCA 64R	3,9	3,6
	FCA 84R	6,8	6,3
	FCA 124R	7,8	6,4

Tabla 4. Potencias frigoríficas y caloríficas en KW para distintos modelos de fancoils.

Al dimensionar el número de fancoil del que debe disponer cada local, se ha tenido en cuenta la carga sensible y latente efectiva.

A continuación, se muestran los tipos de fancoil y el número de unidades que se van a instalar en cada local a climatizar y las cargas térmicas que han de combatir en verano y en invierno, ya que van a abarcar la totalidad de la climatización en ambos periodos.

Planta baja	Verano (kW)	Invierno (kW)	FANCOIL	Nº Uds.	P frigo (kW)	P térmica (kW)
Aula 1	24,79	23,81	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 2	52,65	51,21	FCA 124R	8	62,4	52,10
Aula 3	24,81	23,81	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 4	17,32	17,10	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 5	18,32	17,88	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 6	17,29	17,10	FCA 84R	3	20,4	18,90
Conserjería	1,59	1,18	FCA 34R	1	1,7	3,45
Unidad de conserjería encargada de equipo	1,18	0,85	FCA 34R	1	1,7	3,45
Seminario 01	5,59	4,32	FCA 38R	2	6,34	6,40
Seminario 02	6,13	5,98	FCA 38R	2	6,34	6,40
Vestíbulo	10,16	7,33	FCA 64R	3	11,7	10,80

Tabla 5. Cargas térmicas, tipo de fancoil, número de unidades, potencia frigorífica y calorífica para los distintos locales de la planta baja.



Planta primera	Verano (kW)	Invierno (kW)	FANCOIL	Nº Uds.	P frigo (kW)	P térmica (kW)
Aula 11	24,79	23,81	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 12	20,58	19,97	FCA 124R	3	23,4	21,20
Aula 13	24,81	23,81	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 14	17,32	17,10	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 15	18,32	17,88	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 16	17,29	17,10	FCA 84R	3	20,4	18,90
Seminario 11	5,57	4,31	FCA 38R	2	6,34	6,40
Seminario 12	7,45	5,82	FCS 64R	2	7,8	7,20
Seminario 13	4,82	3,72	FCS 84R	1	6,8	6,30
Laboratorio de Psicología	10,49	8,13	FCA 84R	2	11,7	12,60
Psicología Control	3,52	2,76	FCA 64R	1	3,9	3,60
Vestíbulo	9,93	7,17	FCA 64R	3	11,7	10,80

Tabla 6. Cargas térmicas, tipo de fancoil, número de unidades, potencia frigorífica y calorífica para los distintos locales de la planta primera.

Planta segunda	Verano (kW)	Invierno (kW)	FANCOIL	Nº Uds.	P frigo (kW)	P térmica (kW)
Aula 21	25,68	24,75	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 22	21,44	20,87	FCA 124R	3	23,4	21,20
Aula 23	25,70	24,75	FCA 84R	4	27,2	25,20
Aula 24	18,02	17,83	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 25	19,05	18,64	FCA 84R	3	20,4	18,90
Aula 26	17,98	17,83	FCA 84R	3	20,4	18,90
Seminario 21	10,49	8,13	FCA 64R	3	11,7	10,80
Seminario 21 - Anexo	3,67	2,91	FCA 64R	1	3,9	3,60
Seminario 22	7,45	5,82	FCS 64R	2	7,8	7,20
Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	5,57	4,31	FCS 84R	2	6,8	12,60
Comedor y acceso a vestuario (derecha)	4,82	3,72	FCS 84R	2	6,8	12,60
Vestíbulo	12,27	9,63	FCA 64R	3	12,68	10,80

Tabla 7. Cargas térmicas, tipo de fancoil, número de unidades, potencia frigorífica y calorífica para los distintos locales de la planta segunda.

Las dimensiones y prestaciones de los fancoil a utilizar serán las siguientes:

Fancoil Cassette modelo FCA-R 34 – 38 – 64 :

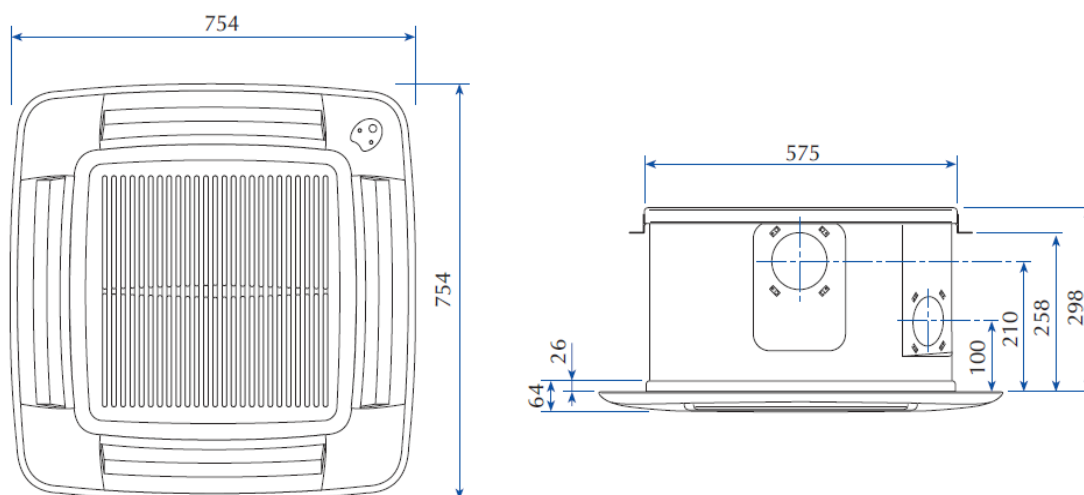


Figura 1. Datos dimensionales en mm de los fancoils Cassette modelos FCA-R 34 – 38 – 64.

Fancoil Cassette modelo FCA-R 84 – 124:

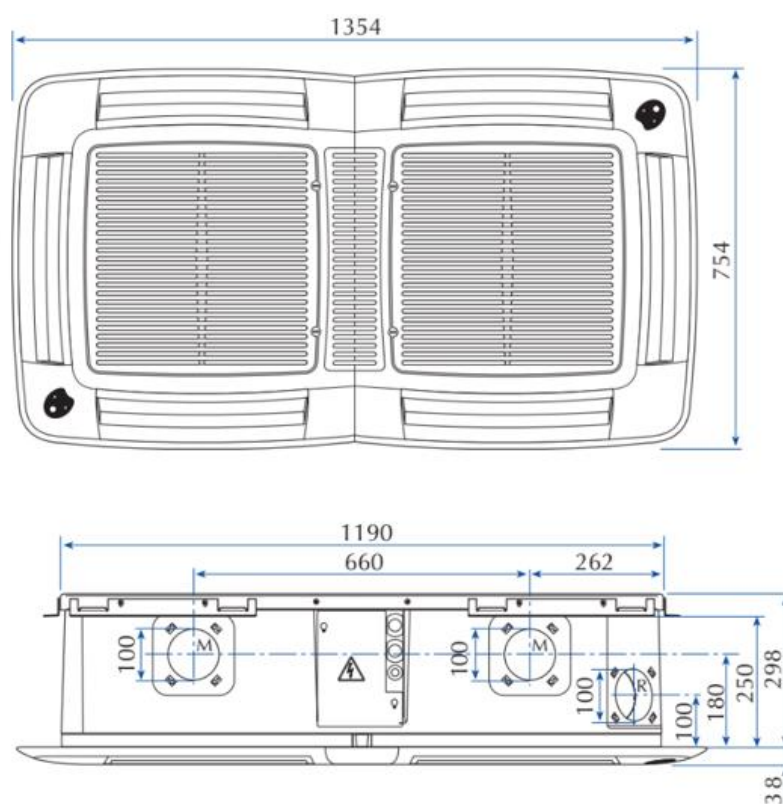


Figura 2. Datos dimensionales en mm de los fancoils Cassette modelos FCA-R 84 – 124.



Datos técnicos

Mod. FCA		32 - 32R	34 - 34R	36 - 36R	38 - 38R	42 - 42R	44 - 44R
Potencia térmica	W (máx.)	5000	3800	8375	3550	9500	3850
	W (med.)	4500	3450	7160	3200	8000	3550
	W (mín.)	3800	3000	5690	2800	6400	3100
Potencia térmica*	W (máx.) (E)	2900	3800	4950	3550	5650	3850
Caudal agua	l/h	430	327	720	305	817	331
Pérdidas de carga agua	kPa	8.0	16.0	17.0	14.0	22.0	16.0
Potencia frigorífica total	W (máx.) (E)	1900	1900	3500	3500	4100	4100
	W (med.)	1700	1700	3170	3170	3350	3350
	W (mín.)	1500	1500	2710	2710	2950	2950
Potencia frigorífica sensible	W (máx.) (E)	1800	1620	3040	3040	3600	3600
	W (med.)	1600	1600	2650	2650	2950	2950
	W (mín.)	1350	1350	2160	2160	2400	2400
Caudal agua	l/h	327	327	602	602	705	705
Pérdidas de carga agua	kPa (E)	9.0	11.0	19.0	19.0	25.0	25.0
Caudal del aire	m³/h (máx.)	680	680	680	680	800	800
	m³/h (med.)	550	550	550	550	640	640
	m³/h (mín.)	410	410	410	410	480	480
Número de ventiladores	n.	1	1	1	1	1	1
Presión sonora	dB (A) (máx.)	40.0	37.0	40.0	41.0	49.0	49.0
	dB (A) (med.)	33.0	31.0	36.0	37.0	43.0	43.0
	dB (A) (mín.)	29.0	27.0	33.0	34.0	35.0	35.0
Contenido de agua (batería estándar)	l	0.5	0.5	1.1	1.1	1.1	1.1
Contenido de agua (batería adicional)	l	-	0.23	-	0.23	-	0.23
Racores para la batería estándar	ø Gas	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Racores para la batería adicional	ø Gas	-	1/2"	-	1/2"	-	1/2"
Potencia máx.	W (E)	79	79	79	79	103	103
Corriente máx.	A	0.36	0.36	0.36	0.36	0.48	0.48
Corriente de activación	A	1.08	1.08	1.08	1.08	1.44	1.44

Tabla 8. Datos técnicos para distintos fancoils del modelo FCA.

Mod. FCA		62 - 62R	64 - 64R	82 - 82R	84 - 84R	122 - 122R	124 - 124R
Potencia térmica	W (máx.)	11000	3900	15500	6800	16700	6950
	W (med.)	9400	3600	13200	6300	14500	6400
	W (mín.)	7700	3250	10650	5700	12200	5800
Potencia térmica*	W (máx.) (E)	6500	3900	9300	6800	10000	6950
Caudal agua	l/h	946	335	1333	585	1436	598
Pérdidas de carga agua	kPa	23.0	19.0	17.0	12.9	19.0	13.3
Potencia frigorífica total	W (máx.) (E)	4900	4900	7700	7700	8700	8700
	W (med.)	3900	3900	6800	6800	7800	7800
	W (mín.)	3400	3400	5800	5800	6750	6750
Potencia frigorífica sensible	W (máx.) (E)	4150	4150	6000	6000	6700	6700
	W (med.)	3450	3450	5100	5100	5900	5900
	W (mín.)	2950	2950	4200	4200	5050	5050
Caudal agua	l/h	843	843	1316	1221	1496	1496
Pérdidas de carga agua	kPa (E)	24.0	24.0	19.3	19.3	19.8	19.8
Caudal del aire	m³/h (máx.)	880	880	1230	1230	1350	1350
	m³/h (med.)	710	710	980	980	1090	1090
	m³/h (mín.)	550	550	740	740	850	850
Número de ventiladores	n.	1	1	2	2	2	2
Presión sonora	dB (A) (máx.)	53.0	54.0	52.0	52.0	54.0	54.0
	dB (A) (med.)	48.0	48.0	46.0	46.0	48.0	48.0
	dB (A) (mín.)	40.0	42.0	38.0	38.0	41.0	41.0
Contenido de agua (batería estándar)	l	1.5	1.5	2.3	2.3	3.0	3.0
Contenido de agua (batería adicional)	l	-	0.2	-	0.5	-	0.5
Racores para la batería estándar	ø Gas	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"
Racores para la batería adicional	ø Gas	-	1/2"	-	1/2"	-	1/2"
Potencia máx.	W (E)	105	105	150	150	156	156
Corriente máx.	A	0.46	0.46	0.84	0.84	0.87	0.87
Corriente de activación	A	1.38	1.38	2.51	2.51	2.61	2.61

Tabla 9. Datos técnicos para distintos fancoils del modelo FCA.



2.2.- RECUPERADOR DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN

Para que los fancoils reciban aire del exterior para la ventilación y para extraer y enviar al exterior el aire viciado del local se van a instalar recuperadores de calor del aire de extracción.

Podemos encontrar las exigencias técnicas que deben cumplir las instalaciones de climatización en lo relacionado con la recuperación de energía en el RITE, IT 1.2.4.5 “Recuperación de energía”.

En la IT 1.2.4.5.2 “Recuperación de calor del aire de extracción” se dispone que:

- ✓ En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado.
- ✓ Sobre el lado del aire de extracción se instalará aparato de enfriamiento adiabático.
- ✓ Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior (m³/s) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la tabla que se muestra a continuación:

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m ³ /s)									
	>0,5...1,5		>1,5...3,0		>3,0...6,0		>6,0...12		>12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤2000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
>2000...4000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
>4000...6000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
>6000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Tabla 10. Eficiencia de la recuperación

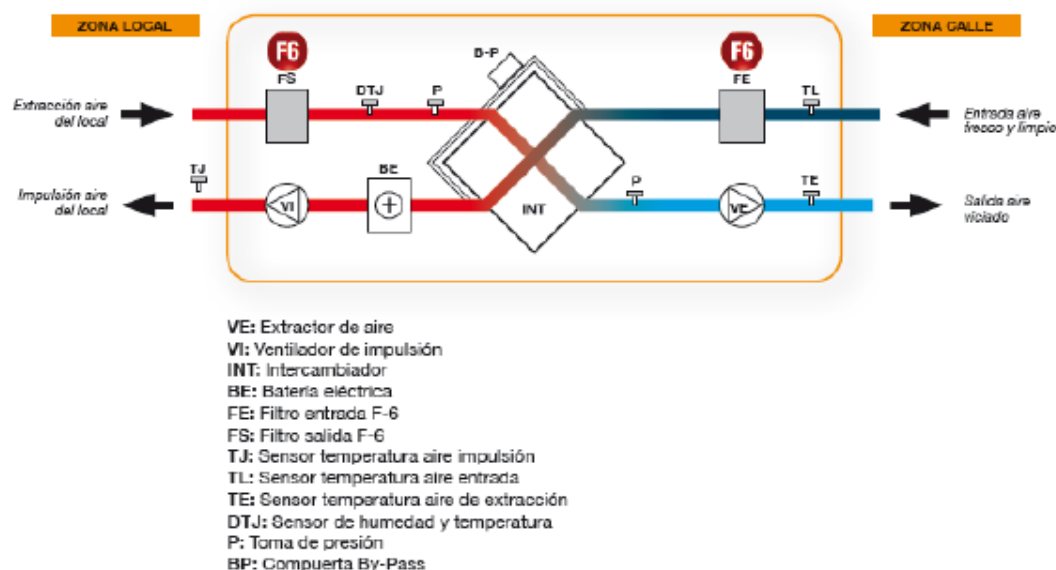


Figura 3. Esquema de funcionamiento.

Para este proyecto, se contempla el funcionamiento de la instalación los días laborables durante todo el año (excluyendo el mes de agosto) desde las 8 de la mañana hasta las 22:00, por lo que se calculan unas 3300 horas de funcionamiento al año. En cuanto al caudal de ventilación total, se tienen 19,63 m³/s. Por tanto, se requiere una eficiencia del 64% y una presión de 220 Pa.

Para este edificio se van a utilizar tres recuperadores de tipo “Recuperador de calor del aire de extracción con batería de agua RIS-7000W”.

El recuperador tendrá las siguientes características:

RIS H/V



Características:

- Intercambiador de alta eficiencia (54%-60%)
 - Filtros de aportación de aire de alta eficiencia F6, F7 o F9
 - Electrónica para control automático, integrada en modelos 260 a 1900, con controlador UNI incluido
 - Electrónica para control automático, como accesorio (BOX-E) en modelos 2000 a 5000, para el control hay que solicitar como accesorio el panel UNI o PRO
 - Doble pared insonorizada con 50mm de aislamiento acústico de alta absorción (modelos 260 con 20mm y modelos 400-700 con 30mm)
 - Sensor de temperatura de entrada y salida (tamaño 1000 a 1900)
 - Sensor de humedad según modelos (tamaño 1000 a 1900)
 - Compuerta bypass incorporada
 - Bandeja recogida condensación en inoxidable y con purga de drenaje
- Construcción:
- Estructura metálica

- Paneles de doble pared, con aislamiento acústico de 30-50mm de grosor
- Bocas de entrada y salida con junta estanca
- Grandes puertas de acceso para facilitar el mantenimiento y la limpieza. En la versión horizontal, las puertas son intercambiables para poder realizar el mantenimiento por la derecha o izquierda, visto por las bocas.

Versiones:

- Horizontal (H) o Vertical (V)
- Vertical hasta tamaño 1900 (V)
- Ambiental: Renovación de aire, sin aportación de calefacción (S)
- Eléctrica: Con aportación de calefacción mediante baterías eléctricas (E)
- Batería de agua: Con aportación de calefacción mediante baterías de agua (W)
- Bajo demanda: Módulo Adiabático



Figura 4. Características del recuperador de calor RIS H/V.

Y las siguientes dimensiones:

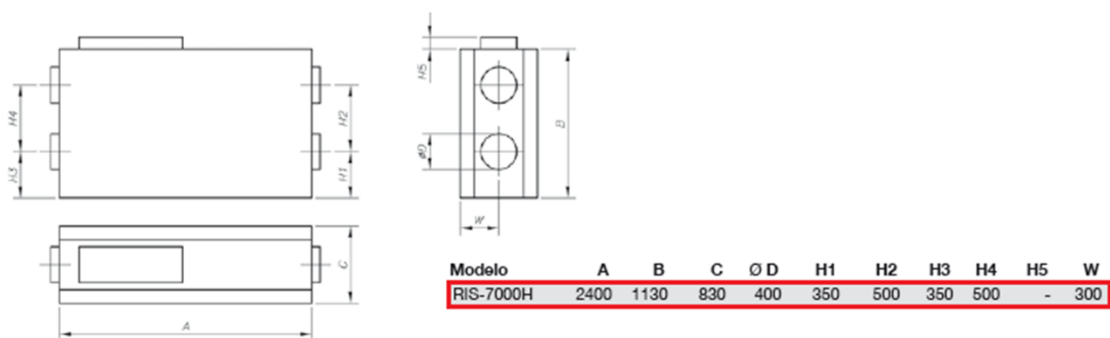


Figura 5. Dimensiones en mm de varios modelos de recuperador de calor.

Con las siguientes características técnicas:

Modelo	Velocidad (r/min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia motor (W)	Caudal máximo F6(m³/h)	Caudal máximo F7(m³/h)	Eficiencia térmica (%)	NPS irradiado dB(A)	Intensidad Total (A)	Filtro EN 779	Peso (Kg)	B. eléctrica		B. agua
												Tensión (V)	Potencia resistencia (kW)	Potencia térmica (kW)
RIS-400S	2100	1x230	2x1,1	2x225	450		60	34		F6/F7	47			
RIS-700S	2000	1x230	2x1,12	2X255	950		60	41		F6/F7	62			
RIS-1000S	2650	1x230	2x0,81	2x185	1300	1180	54	42		F6/F7	149			
RIS-1500S	2750	1x230	2x1,23	2x280	1650	1450	54	44		F6/F7	179			
RIS-1900S	2830	1x230	2x2,7	2x610	2150	2030	60	46		F6/F7	308			
RIS-2000S	1310	3x400	2x2,6	2x1500	2600	2470	60	49		F6/F7	324			
RIS-3000S	1300	3x400	2x4,1	2x2500	4300	3760	59	50		F6/F7	393			
RIS-4000S	2090	3x400	2x4,7	2x2200	5000	3850	58	51		F6/F7	498			
RIS-5000S	1867	3x400	2x6,47	2x3000	6000	4680	58	52		F6/F7	568			
RIS-260E	1880	1x230	2x0,4	2x89	280		55	31	6,4	F6/F7	40	1x230	1	
RIS-400E	2100	1x230	2x1,1	2x225	450		60	34	14,8	F6/F7	48	1x230	2	
RIS-700E	2000	1x230	2x1,12	2X255	950		60	41	20,5	F6/F7	70	1x230	3	
RIS-1000E	2650	1x230	2x0,81	2x185	1300	1180	54	42	10,6	F6/F7	150	3x400	6	
RIS-1500E	2750	1x230	2x1,23	2x280	1650	1450	54	44	16,2	F6/F7	180	3x400	9	
RIS-1900E	2830	1x230	2x2,7	2x610	2150	2030	60	46	27	F6/F7	310	3x400	15	
RIS-2000E	1310	3x400	2x2,6	2x1500	2600	2470	60	49	26,9	F6/F7	328	3x400	15	
RIS-3000E	1300	3x400	2x4,1	2x2500	4300	3760	59	50	44,7	F6/F7	395	3x400	24	
RIS-4000E	2090	3x400	2x4,7	2x2200	5000	3850	58	51	50,4	F6/F7	500	3x400	27	
RIS-5000E	1867	3x400	2x6,47	2x3000	6000	4680	58	52	63,1	F6/F7	570	3x400	33	
RIS-400W	2100	1x230	2x1,1	2x225	450		60	34		F6/F7	52			2,7*
RIS-700W	2000	1x230	2x1,12	2X255	950		60	41		F6/F7	63			4,7*
RIS-1000W	2650	1x230	2x0,81	2x185	1300	1180	54	42		F6/F7	150			6,75*
RIS-1500W	2750	1x230	2x1,23	2x280	1650	1450	54	44		F6/F7	180			10,12*
RIS-1900W	2830	1x230	2x2,7	2x610	2150	2030	60	46		F6/F7	310			12,82*
RIS-2000W	1310	3x400	2x2,6	2x1500	2600	2470	60	49		F6/F7	326			15,6*
RIS-3000W	1300	3x400	2x4,7	2x2500	4300	3760	59	50		F6/F7	395			20,2*
RIS-4000W	2090	3x400	2x4,7	2x2200	5000	3850	58	51		F6/F7	500			26,0*
RIS-5000W	1867	3x400	2x6,47	2x3000	6000	4680	58	52		F6/F7	570			32,0*
RIS-7000W	2310	3x400	2x8,7	2x3800	20000	16850	68	51		F6/F7	680			33,0*

* Valores medidos con temperatura del aire exterior +18°C y temperatura del agua Tin/Tout 80/60 °C

Tabla 11. Características técnicas para diferentes modelos de recuperador de calor.

Viendo las características del recuperador de calor, se ha optado por instalar tres unidades con filtros F6.



3.- REJILLAS DE IMPULSIÓN Y DE RETORNO

Para el retorno utilizaremos rejillas. Estas vendrán tendrán incorporadas unas compuertas reguladoras para equilibrar la instalación.

A continuación, se muestran unas tablas con el número de rejillas de cada local, sus dimensiones y el caudal de aire de retorno:

Planta baja	Caudal/rejilla (m3/h)	Nº Uds	Dimensiones
Aula 1	900	4	500 x 300
Aula 2	900	8	500 x 300
Aula 3	900	4	500 x 300
Aula 4	900	3	500 x 300
Aula 5	900	3	500 x 300
Aula 6	900	3	500 x 300
Conserjería	900	1	500 x 300
Unidad de conserjería encargada de equipo	900	1	500 x 300
Seminario 01	900	1	500 x 300
Seminario 02	900	1	500 x 300
Vestíbulo	900	2	500 x 300

Tabla 12. Caudal de aire de retorno, número de rejillas de cada local para la planta baja y sus dimensiones.

Planta primera	Caudal/rejilla (m3/h)	Nº Uds	Dimensiones
Aula 11	900	4	500 x 300
Aula 12	900	3	500 x 300
Aula 13	900	4	500 x 300
Aula 14	900	3	500 x 300
Aula 15	900	3	500 x 300
Aula 16	900	3	500 x 300
Seminario 11	900	1	500 x 300
Seminario 12	900	1	500 x 300
Seminario 13	900	1	500 x 300
Laboratorio de Psicología	900	2	500 x 300
Psicología Control	900	1	500 x 300
Vestíbulo	900	2	500 x 300

Tabla 13. Caudal de aire de retorno, número de rejillas de cada local para la planta primera y sus dimensiones.



Planta segunda	Caudal/rejilla (m ³ /h)	Nº Uds	Dimensiones
Aula 21	900	4	500 x 300
Aula 22	900	3	500 x 300
Aula 23	900	4	500 x 300
Aula 24	900	3	500 x 300
Aula 25	900	3	500 x 300
Aula 26	900	3	500 x 300
Seminario 21	900	2	500 x 300
Seminario 21 - Anexo	900	1	500 x 300
Seminario 22	900	1	500 x 300
Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	900	1	500 x 300
Comedor y acceso a vestuario (derecha)	900	1	500 x 300
Vestíbulo	900	2	500 x 300

Tabla 14. Caudal de aire de retorno, número de rejillas de cada local para la planta segunda y sus dimensiones.

4.- CALDERA DE BIOMASA Y MÁQUINA DE ABSORCIÓN

Para tratar el agua que alimenta los fancoils se va a utilizar una caldera de biomasa.

Para invierno, esta caldera alimentará el circuito de calefacción y en verano, se va a conectar a una máquina de absorción, el cual alimentará el circuito de refrigeración para verano.

En la siguiente tabla se ilustra dicho proceso:

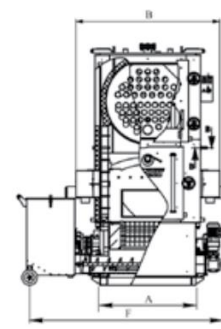
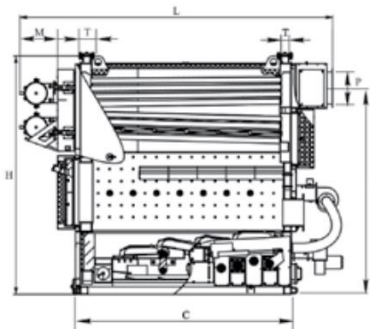
Edificio		Caldera de biomasa	Máquina de absorción
P calorífica necesaria (kW)	P frigorífica necesaria (kW)	P calorífica (kW)	P frigorífica (kW)
481	517	495	527

Tabla 15. Potencia calorífica y frigorífica que demanda el edificio y la que aporta la caldera de biomasa y la máquina de absorción.

A continuación, se dan una serie de características de la bomba de calor que necesitamos:

Modelo		K140M-1	K-320M1	K-500M-1	K-720M-1	K950M-1
Potencia nominal	kW	140	320	495	720	950
Potencia min.	kW	42	96	149	216	285
Combustible principal		Serrín, astillas <50mm longitud				
Otros combustibles		Serrín, astillas, pellets de girasol y granos				
Humedad combustible hasta		40% humedad de madera astillada				
Consumo de combustible	kg/h	62	141	220	317	419
Eficiencia	%	93°				
Rango de control Tª agua de caldera	°C	60-110				
Presión de agua max. en caldera	MPa (kg/cm²)	0,6 (6)				
Volumen agua en caldera	m³	0,58	1,15	1,66	2,2	3
Caudal de agua (con ΔT=20°C)	m³/h	6,02	13,76	21,29	30,96	40,85
Perdida carga agua (con ΔT=20°C)	mm H ₂ O	0,014	0,134	0,144	0,282	0,43
Perdida de carga humos (Qn)	Pa	180	270	300	320	340
Caudal de humos	m³/h	750	1714	2677	3856	5087
Dimensiones cámara combustión (Altura x Ancho x Longitud)	mm	440x400x 1230	570x570x 2000	530x700x 2000	530x700x 2500	560x910x 2800
Conexiones: Tubos	mm	65 (2 1/2")			80 (3")	
Bridas tubos	mm				Ø160	
Salida humos	mm	Ø240	Ø325	Ø380	Ø380	Ø480
Peso	kg	2500	4900	5820	7300	9700

* La eficiencia varía en función del combustible utilizado.



Caldera	Al x An x L, mm	A, mm	C, mm	E, mm	F, mm	M, mm	P, mm	T, mm
K140M-1	2105 x 1300 x 1900	800	1400	1534	1500	304	Ø240	Ø76
K-320M1	2480 x 1500 x 2810	1000	2180	2154	1970	374	Ø325	Ø76
K-500M-1	2610 x 1630 x 2840	1400	2620	2370	2400	400	Ø350	Ø89
K-720M-1	2765 x 1630 x 3640	1400	2920	2520	2400	400	Ø350	Ø89
K950M-1	2950 x 1840 x 4180	1400	3220	2520	2400	400	Ø480	Ø89

Tabla 16. Características de la bomba de calor.

En cuanto a la máquina de absorción, se selecciona el siguiente modelo:



Modelo CHP	Unidad	CHP005	CHP006	CHP007	CHP008	CHP010	CHP012	CHP015	CHP018	CHP021	CHP024	CHP028	CHP032	CHP036	CHP040
Potencia frigorífica	usRT	50	60	70	80	100	120	150	180	210	240	280	320	360	400
	kW	176	211	246	281	351	422	527	633	738	844	984	1125	1265	1406
Agua enfriada	Temperatura ent/ sal. °C	12/7													
	Caudal m ³ /h	30,2	36,3	42,3	48,4	60,5	72,6	90,7	109	127	145	169	194	218	242
	Caída de presión mAq	4,0	3,7	6,2	5,6	4,8	5,1	6,6	7,0	6,4	6,3	4,6	4,5	5,0	5,1
	Conexión mm	80 100 125 150													
Agua de refrigeración	Temperatura ent/ sal. °C	32/17,5													
	Caudal m ³ /h	50	60	70	80	100	120	150	180	210	240	280	320	360	400
	Caída de presión mAq	7,0	3,1	10,2	9,6	11,1	11,3	11,5	11,8	11,8	12,1	11,2	10,7	11,1	10,8
	Conexión mm	100 125 150 200													
Potencia térmica	Mcal/h	142	170	198	227	283	340	425	510	595	680	793	906	1019	1133
	kW	165	197	230	263	329	395	494	592	691	790	922	1053	1185	1317
Agua caliente	Temperatura ent/ sal. °C	55,3/60													
	Caudal m ³ /h	30	36	42	48	60,5	72,6	90,7	109	127	145	169	194	218	242
	Caída de presión mAq	4,0	3,7	6,2	5,6	4,8	5,1	6,6	7,0	6,4	6,3	4,6	4,5	5,0	5,1
	Conexión mm	80 100 125 150													
Gases de escape	Caudal kg/seg.	0,439	0,527	0,615	0,703	0,88	1,05	1,32	1,58	1,84	2,11	2,46	2,81	3,16	3,51
	Temperatura refrig. °C	450/165													
	Temperatura calef. °C	450/125													
	Caída de presión mmAq	58	58	74	71	77	82	79	92	97	113	129	131	123	131
	Connexión entrada mm-mm	782-291	782-330	782-369	782-408	922-408	922-486	922-603	922-642	922-681	922-681	922-798	922-876	1376-720	1376-759
	Connexión salida mm	300 400 500 600													
Electricidad	Válvula desvío mm	300 400 500 600													
	Suministro kW	30,400 50 Hz													
	Bomba solución kW (A)	1,5 (5,5) 2,0 (8,4) 2,4 (6,9) 3,2 (9,0)													
	Bomba refrigerante kW (A)	0,2 (1,0) 0,3 (1,2) 0,4 (1,4) 0,4 (2,5) 0,2 (0,5)													
	Bomba de vacío kW (A)	0,4 (1,4) 0,4 (2,5) 0,2 (0,5)													
	Sealing blower kW (A)	0,4 (2,5) 0,2 (0,5)													
Medidas	Panel de control kW (A)	0,2 (0,5)													
	Amp. (400 Vac)	10,8 11,9 12,6 14,7													
	Largo (L) mm	2100	2600	2638	2638	3630	3717	4742	4872						
Peso	Ancho (W) mm	1683	1722	1761	1800	1857	1935	2052	2091	2194	2194	2310	2349	2349	2349
	Alto(H) mm	1800 2030 2147 2399													
Peso	En vacío ton	3,0	3,2	3,7	3,9	5,0	5,3	6,4	6,8	7,9	8,5	9,8	10,3	12,8	13,2
	En carga ton	3,2	3,5	4,0	4,3	5,4	5,8	7,0	7,4	8,6	9,3	10,7	11,3	14,0	14,6

Tabla 17. Características y modelos de diferentes máquinas de absorción.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 2



ANEXO Nº 3

CARGAS TÉRMICAS



ÍNDICE DEL ANEXO Nº3: CARGAS TÉRMICAS

1.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO	65
2.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO	65
3.- EJEMPLO MÉTODO DE CÁLCULO (Conserjería)	65
3.1.- CARGAS EN VERANO	66
3.1.1.- PARTIDAS DE CALOR SENSIBLE	66
3.1.2.- PARTIDAS DE CALOR LATENTE	70
3.2.- CARGAS EN INVIERNO.....	72
4.-HOJAS DE CÁLCULO DE CADA LOCAL (VERANO-INVIERNO)	73



1.- CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

Las condiciones exteriores consideradas para los diferentes cálculos de verano e invierno son las siguientes:

Localidad_____	Jaén
Altitud sobre el nivel del mar_____	436 m
Latitud_____	37.73 ° N
Hora solar de cálculo_____	15 horas
Mes de cálculo_____	Julio / Enero
Temperatura exterior_____	35 / 2,6 °C
Excursión térmica diaria_____	15 / 20 °C
Humedad relativa exterior_____	37 / 77 %
Humedad relativa interior_____	55 %
Humedad absoluta exterior verano_____	14 g /Kg

Nota: Los valores que están comprendidos entre (/), el primer término corresponde al valor de verano y el segundo al de invierno.

2.- CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Vamos a considerar para realizar los cálculos, una temperatura interior de 24°C para verano y 22°C para invierno, cumpliendo así con la normativa vigente.

La humedad relativa interior en verano se fijará en 55%.

No vamos a tener en cuenta la humedad para la estación de invierno, por lo que se va a mantener la humedad absoluta exterior.

3.- EJEMPLO MÉTODO DE CÁLCULO (Conserjería)

En la memoria se ha explicado el proceso de cálculo que se ha llevado a cabo. Para ello, se han utilizado hojas de cálculo Excel asignadas a cada local para ambas estaciones, verano e invierno.

En este anexo se van a mostrar unas hojas tipo para todos los locales, donde los datos y resultados del cálculo se encuentran recogidos. Se va a mostrar cómo se haría un local manualmente para comprender el proceso de cálculo.

Para ello se ha utilizado como ejemplo la conserjería.



3.1.- CARGAS EN VERANO

3.1.1.- PARTIDAS DE CALOR SENSIBLE

Superficie del local.....	29,06 m²	Tipo de local.....	Conserjería
Ocupación.....	3 personas		
Ventilación.....	12,5 dm ³ /s persona x 3,6 x 3 personas =.....	135 m³ / h	
Infiltraciones.....	0 m³ / h		
Temperatura exterior.....	35 °C	Humedad absoluta exterior.....	14 g /Kg
Humedad relativa exterior.....	37 %	Humedad absoluta interior.....	9 g /Kg
Humedad relativa interior.....	55 %	Diferencia de humedades.....	5 g / Kg
Mes de cálculo.....	Julio		
Hora solar de cálculo.....	15 horas		
Localidad.....	Jaén	Latitud.....	37 46 00 N
Excursión térmica diaria.....	8 ° C		
Illuminación	4,2 W/m ² x 29,06 m ² =	122 W	

A1. CALOR SENSIBLE POR RADIACIÓN SOLAR EN VIDRIOS, VENTANAS Y CLARABOYAS

El local tiene una ventana en la pared suroeste. La superficie de la ventana es de 4,2 m².

Para una latitud 40º Norte y el 23 de julio a las 15h se tiene 70 kcal/hm² de radiación solar a través del vidrio.

Se le aplica el factor solar modificado de huecos. Para las dimensiones de la ventana, el tipo de vidrio y con una orientación suroeste se tiene un factor f = 0,339.

$$\dot{Q}_{SR} = S \cdot R \cdot f$$

Siendo:

S = Superficie incluyendo marcos y listones

f = Producto de los factores de corrección que hubiera

R = Dependerá del factor antes descrito

$$\dot{Q}_{SR} = 105 \text{ kcal/h}$$

A2. CALOR SENSIBLE DE TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE HUECOS

Teniendo en cuenta la ventana considerada anteriormente, se ha de calcular el calor que gana la habitación por transmisión. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{STH} = U \cdot A \cdot CLTD$$

Siendo:

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de
Jaén

ANEXO 3



U = Transmitancia del hueco.

A = Área del hueco.

CLTD = Diferencia de temperatura por cargas de frío, transmitidas a través de vidrios.

El valor del CLTD se extrae de la tabla número 10 del CLTD.

$$\dot{Q}_{STH} = 43,4 \text{ kcal/h}$$

A3. CALOR SENSIBLE POR RADIACIÓN Y TRANSMISIÓN POR PAREDES Y TECHOS EXTERIORES

En esta partida estamos considerando la transmisión de calor al interior del local que queremos climatizar a través de las paredes y techos exteriores del mismo. Este calor se origina al absorber la radiación solar a través de las estructuras externas mencionadas anteriormente y también por la diferencia de temperaturas que existen entre el aire del interior y del exterior.

Dependerá de factores como:

- Tipo de construcción.
- Posición geográfica.
- Hora del día.
- Orientación del muro, etc.

$$\dot{Q}_{STRE} = U \cdot S \cdot CLTD$$

Siendo:

S = Superficie de la pared perpendicular al flujo térmico (m²)

U = Transmitancia térmica de la pared (W/m²K)

CLTD = Diferencia de temperatura para cargas de frío en condiciones de base para grupos de paredes. Corregido para adecuarse a las características del proyecto.

Los valores de CLTD tabulados contemplan las siguientes casuísticas:

- Temperatura interior de 25,5°C
- Temperatura exterior de 35°C máxima y 29,4°C media
- 40º latitud norte en mes de julio.
- Resistencia de la superficie exterior de 0,059 m²°C/R
- Resistencia de la superficie interior de 0,121 m²°C/K
- Color de la superficie exterior oscuro (azul oscuro, marrón, rojo y verde)

Para correcciones se usa la siguiente fórmula:

$$CLTD = (CLTD + LM) \cdot K + (25.5 - T_a) + (T_o - 29.4)$$

Siendo:

LM = Corrección mensual de latitud en la tabla 9 del CLTD para una superficie horizontal.

K = Factor de corrección de calor que se aplica después de las primeras rectificaciones en el método de latitud/mes.

T_a = Temperatura interior de cálculo.

T_o = Promedio de la temperatura exterior.

f = Factor de cámara.



En nuestro caso, al requerir una temperatura interna de 24°C en verano, tendremos que corregir los valores del CLTD en +1,5°C.

Comparando las paredes exteriores con las de la tabla 6 del anexo de tablas de los apuntes de Instalaciones Térmicas en la Edificación, quedan clasificadas como muro tipo C.

Masa (kg/m ²)	Valor de U (W/m ² · °C)	Grupo Núm.	Descripción de la construcción	Núm. de código hilados (véase tabla 8)
405	2,033	101,6-mm C	Ladrillo visto + (ladrillo)	A0, A2, C4, E1, E0
439	2,356	D	Cámara de aire + 101,6 mm ladrillo visto	A0, A2, C4, E1, E0
→ 439	0,987-1,709	C	101,6 mm ladrillo corriente	A0, A2, C4, E1, E0
			25,4 mm aislamiento o cámara de aire + 101,6 mm ladrillo corriente	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
430	0,630	B	50,8 mm aislamiento + 101,6 mm ladrillo corriente	A0, A2, B3, C4, E1, E0
635	1,714	B	203,2 mm ladrillo corriente	A0, A2, C9, E1, E0
635	0,874-1,379	A	Aislamiento o cámara de aire + 203,2 mm ladrillo corriente	A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0

Tabla 1. Descripción del grupo de construcción de paredes.

Se selecciona ese muro por tener parecida tanto la U como la densidad en kg/m².

En este caso tenemos pared noroeste y suroeste, sin tener que considerar techos exteriores. Las cargas calculadas son las siguientes:

$$\dot{Q}_{STRE\ SO} = 17,31 \text{ kcal/h}$$

$$\dot{Q}_{STRE\ NO} = 22,5 \text{ kcal/h}$$

$$\dot{Q}_{STRE\ TOTAL} = \dot{Q}_{STRE\ SO} + \dot{Q}_{STRE\ NO} = 39,9 \text{ kcal/h}$$

A4. CALOR SENSIBLE A TRAVÉS DE PAREDES Y TECHOS NO EXTERIORES

En este apartado se considera los siguientes elementos:

- Paredes interiores.
- Techos interiores.
- Suelos (siempre son interiores).
- Superficies vidriadas y claraboyas.
- Ventanas exteriores.

$$\dot{Q}_{STNE} = S \cdot U \cdot \Delta T$$

Siendo:

S = Superficie del elemento.

U = Transmitancia del cerramiento.

Δt = Salto térmico.

Hay que tener en cuenta que, si la pared o techo colinda con un local climatizado, no se contabiliza. De lo contrario, si la pared o techo es colindante con un local no climatizado, el salto térmico que se debe de tener en cuenta es de 2/3 de la diferencia de temperatura exterior y de la temperatura interior fijada.



En el caso de la habitación que se está estudiando, se tiene una pared en contacto con una estancia no climatizada. Se calcula la transferencia de calor a través de la misma.

$$\dot{Q}_{STNE} = 41,8 \text{ kcal/h}$$

A5. CALOR SENSIBLE DEL AIRE DE INFILTRACIONES

No se calculará el calor sensible de esta partida ya que, según la ITE 02.2.2, el aire de los locales climatizados estará en sobrepresión respecto al exterior.

A6. CALOR SENSIBLE GENERADO POR LAS PERSONAS QUE OCUPAN EL LOCAL

Los ocupantes del local generan tanto calor sensible como latente debido a su actividad y porque su temperatura es superior a la del local. El calor aportado por persona se calcula con la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{SP} = q_{sp} \cdot n \cdot f$$

Siendo:

q_{sp} = Calor sensible por persona.

n = Nº de personas del local.

f = Factor basado en duración de la ocupación y anotaciones de tiempos.

$$\dot{Q}_{SP} = 130,2 \text{ kcal/h}$$

A7. CALOR SENSIBLE DEBIDO A LA ILUMINACIÓN DEL LOCAL

Las lámparas transforman la mayoría de la energía eléctrica en energía calorífica y sólo una pequeña parte se transforma en energía luminosa. Las aportaciones de calor dependen del tipo de lámpara, en este caso se instalará luz LED, así pues, tenemos:

$$Iluminación = 4,2 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{Q}_{SI} = 105,1 \text{ kcal/h}$$

A8. CALOR SENSIBLE POR LOS APARATOS INSTALADOS EN EL LOCAL

En este apartado, se debe de tener en cuenta los ordenadores instalados en el local a climatizar. El calor se calcula con la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{SA} = n \cdot P$$

Siendo:

n = Nº de ordenadores que hay en el local.

P = Potencia del PC + monitor.



Teniendo en cuenta un ordenador por cada persona que está trabajando dentro del local:

$$\dot{Q}_{SA} = 284 \text{ kcal/h}$$

A9. CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR DE VENTILACIÓN

Es el calor aportado por el aire exterior como consecuencia de su diferencia de temperaturas con el ambiente a climatizar, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_{SV} = \rho \cdot C \cdot \dot{V} \cdot \Delta T$$

Siendo:

ρ = Densidad del aire.

C = Calor específico del aire.

$\dot{V}$ = Caudal de aire.

Δt = Salto térmico.

$$\dot{Q}_{SV} = 424 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.- PARTIDAS DE CALOR LATENTE

B1. CALOR LATENTE INTRODUCIDO POR EL AIRE DE LAS INFILTRACIONES

No se calculará el calor latente de esta partida ya que, según la ITE 02.2.2, el aire de los locales climatizados estará en sobrepresión respecto al exterior.

B2. CALOR LATENTE GENERADO POR LAS PERSONAS QUE OCUPAN EL LOCAL

Las personas que ocupan un local generan calor sensible y latente por su actividad y porque su temperatura (37°C) es superior a la del local. El calor aportado por persona en función de la actividad que realiza está tabulado en la siguiente tabla:

Cuadro de actividad	28 °C		27 °C		26 °C		24°C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado en trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista act moderada.	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero de taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 2. Calor aportado por persona en función de la actividad que esté realizando.



$$\dot{Q}_{LP} = q_{lp} \cdot n$$

Siendo:

q_{lp} = Calor latente por persona.

n = Nº de personas del local.

$$\dot{Q}_{LP} = 103,3 \text{ kcal/h}$$

B3. CALOR LATENTE GENERADO POR OTRAS CAUSAS

No se considerarán motores de ninguna clase en este local.

B4. CALOR LATENTE DEL EXTERIOR DE VENTILACIÓN

Es el calor aportado por el aire exterior de ventilación como consecuencia de su diferencia de humedad con el ambiente a climatizar, siendo su valor:

$$\dot{Q}_{LV} = \Delta Hum_{abs} \cdot C \cdot \Delta T \cdot \dot{V} \cdot \rho$$

Siendo:

ΔHum_{abs} = Diferencia entre humedad exterior e interior.

C = Calor específico del agua.

$\dot{V}$ = Caudal de aire.

ρ = Densidad del aire.

$$\dot{Q}_{LV} = 8,77 \text{ kcal/h}$$

Seguidamente se suman todas las cargas sensibles, excepto la de ventilación y se le aplica un factor de seguridad del 10% y así obtenemos la carga sensible efectiva parcial. Para las cargas latentes se lleva a cabo el mismo proceso. Una vez hecho esto, se suma la carga sensible efectiva parcial con la sensible de ventilación para obtener así la carga sensible efectiva total. Se repite la misma operación para las latentes.

Teniendo estas dos cargas totales (la sensible y la latente), suman para dar la carga efectiva total.

	Qt (Kcal/h)
C.S. EFECTIVA CON 10% SEG.	824,45
C.S. DE VENTILACIÓN	424,24
C. SENSIBLE EFECTIVA TOTAL	1248,69

Tabla 3. Carga sensible efectiva, de ventilación y total.



	Qt (Kcal/h)
C.L. EFECTIVA CON 10% SEG.	108,52
C.L. DE VENTILACIÓN	8,77
C. LATENTE EFECTIVA TOTAL	117,29

Tabla 4. Carga latente efectiva, de ventilación y total.

La **CARGA EFECTIVA TOTAL** es **1365,98 kcal/h**.

3.2.- CARGAS EN INVIERNO

C1. PÉRDIDAS DE CALOR POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS EXTERNOS

Se trata de la pérdida de calor sensible por transmisión a través de muros, puertas, ventanas, techos, etc. Su valor viene dado por la expresión:

$$\dot{Q}_{TE} = U \cdot S \cdot \Delta T$$

Siendo:

U = Transmitancia global del cerramiento.

S = superficie del cerramiento.

ΔT = Diferencia de temperaturas.

Es necesario tener en cuenta que si el cerramiento del local objeto de estudio colinda con un local climatizado no existirá flujo térmico a través de dicho cerramiento.

Teniendo en cuenta todos los cerramientos: $\dot{Q}_{TE} = \sum U \cdot S \cdot \Delta T$

La suma de todas ellas es:

$$\dot{Q}_{TE} = -242 \text{ kcal/h}$$

C2. PÉRDIDAS DE CALOR POR INFILTRACIÓN

No hay infiltraciones por estar en sobrepresión.

C3. PÉRDIDAS DE CALOR POR VENTILACIÓN

Este calor es el aportado por el aire exterior como consecuencia de su diferencia de temperaturas con el ambiente a climatizar, siendo su valor:

$$\dot{Q}_{SV} = \rho \cdot C \cdot \dot{V} \cdot \Delta T \quad \left(\text{kcal/h} \right)$$



Siendo:

V_v = Caudal volumétrico de ventilación máximo

Δt = Salto térmico

ρ = Densidad del aire.

C = Calor específico del aire.

$$\dot{Q}_{sv} = -748 \text{ kcal/h}$$

A continuación se suman las cargas con un coeficiente de seguridad del 10% en la partida C1 para obtener la carga sensible efectiva. Después sumamos las dos cargas para obtener la Carga Sensible Total de invierno.

	Qt (Kcal/h)
C.S. EFECTIVA CON 10% SEG.	-266,62
C.S. DE VENTILACIÓN	-748,21
C. SENSIBLE EFECTIVA TOTAL	-1014,83

Tabla 5. Carga sensible efectiva, de ventilación y total.

La **CARGA EFECTIVA TOTAL** es **-1014,83 kcal/h.**

4.-HOJAS DE CÁLCULO DE CADA LOCAL (VERANO-INVIERNO)

A continuación, se realizan todos los cálculos en hojas Excel (adjuntas al proyecto) considerando cada estancia. Los resultados son los siguientes:

Planta baja	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 1	24,79	-23,81
Aula 2	52,65	-51,21
Aula 3	24,81	-23,81
Aula 4	17,32	-17,10
Aula 5	18,32	-17,88
Aula 6	17,29	-17,10
Conserjería	1,59	-1,18
Unidad de conserjería encargada de equipo	1,18	-0,85
Seminario 01	5,59	-4,32
Seminario 02	6,13	-5,98
Vestíbulo	10,16	-7,33

Tabla 6. Cargas térmicas para planta baja.



Planta primera	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 11	24,79	-23,81
Aula 12	20,58	-19,97
Aula 13	24,81	-23,81
Aula 14	17,32	-17,10
Aula 15	18,32	-17,88
Aula 16	17,29	-17,10
Seminario 11	5,57	-4,31
Seminario 12	7,45	-5,82
Seminario 13	4,82	-3,72
Laboratorio de Psicología	10,49	-8,13
Psicología Control	3,52	-2,76
Vestíbulo	9,93	-7,17

Tabla 7. Cargas térmicas para planta primera.

Planta segunda	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
Aula 21	25,68	-24,75
Aula 22	21,44	-20,87
Aula 23	25,70	-24,75
Aula 24	18,02	-17,83
Aula 25	19,05	-18,64
Aula 26	17,98	-17,83
Seminario 21	10,49	-8,13
Seminario 21 - Anexo	3,67	-2,91
Seminario 22	7,45	-5,82
Comedor y acceso a vestuario (izquierda)	5,57	-4,31
Comedor y acceso a vestuario (derecha)	4,82	-3,72
Vestíbulo	12,27	-9,63

Tabla 8. Cargas térmicas para planta segunda.



	Carga Verano (kW)	Carga Invierno (kW)
TOTAL EDIFICIO	516,85	-481,33

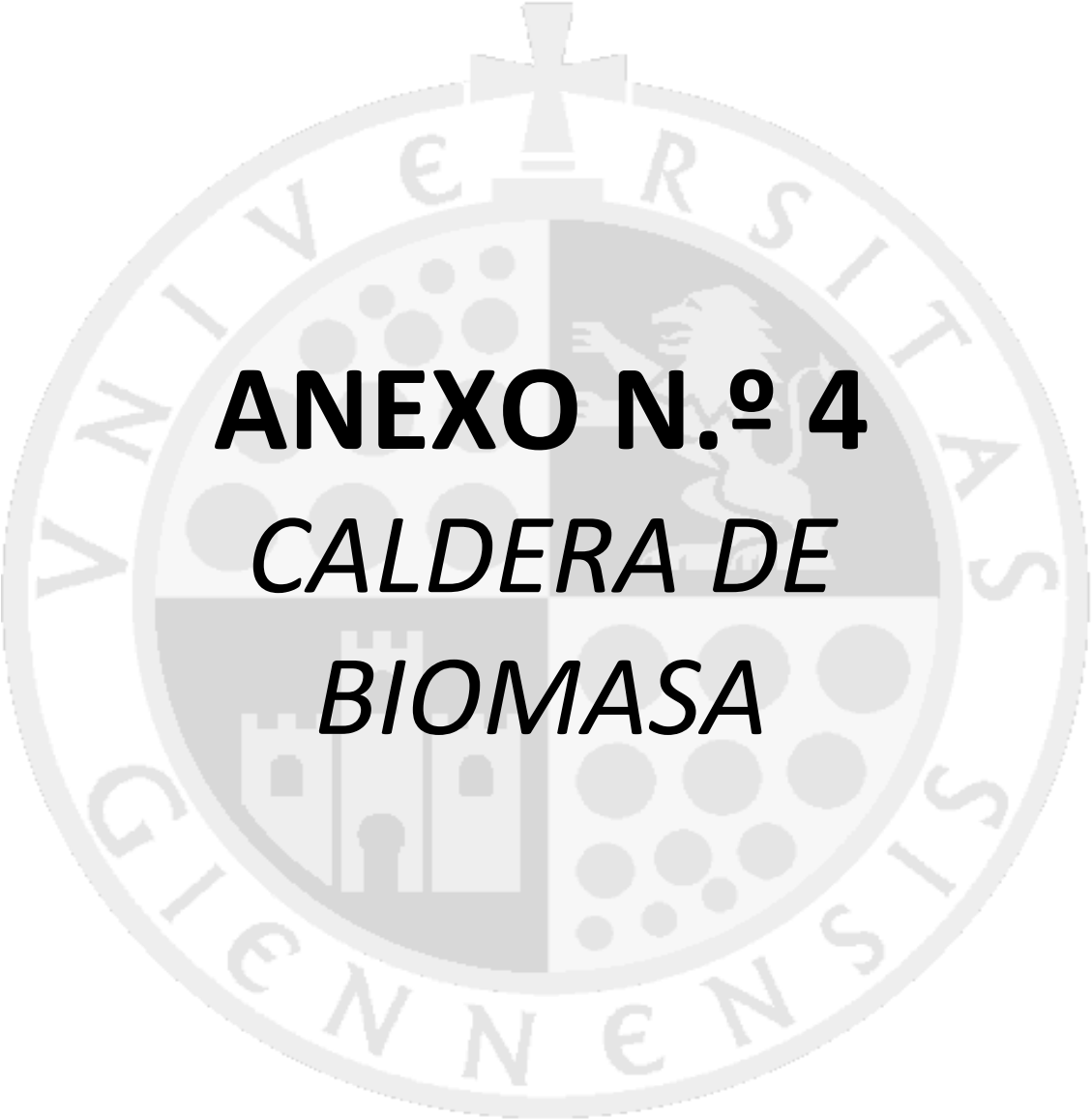
Tabla 9. Cargas térmicas totales.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA
Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de
Jaén

ANEXO 3



ANEXO N.º 4

CALDERA DE BIOMASA



ÍNDICE DEL ANEXO Nº4: CALDERA DE BIOMASA

1.- INTRODUCCIÓN.....	78
1.1.- UTILIZACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN	78
2.- ELECCIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE	78
3.-SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	79
3.1.- DIMENSIONADO DEL SILO	79
3.2.- SISTEMA DE CARGA DEL SILO	80
3.3.- ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL SILO A LA CALDERA	80
4.- REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	80
4.1.- VENTILACIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS	80
4.2.- CHIMENEA	81



1.- INTRODUCCIÓN

Según la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, la biomasa se define como:

“La fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos, incluidos los residuos industriales y municipales de origen biológico”.

La biomasa, en términos generales, se puede definir como cualquier tipo de materia orgánica cuyo origen inmediato haya sido una consecuencia de un proceso biológico. Cuando hablamos de biomasa, debemos incluir tanto los productos de origen vegetal como los de origen animal. La biomasa, como energía renovable, permite acumular la energía que se ha fijado durante el periodo de crecimiento de la planta. Esta energía se libera a través de distintos procesos de transformación, obteniendo calor, electricidad o energía mecánica.

1.1.- UTILIZACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN

Algunas de las razones por las que elegir una instalación de biomasa para la calefacción de un edificio son las siguientes:

- En primer lugar, la biomasa es respetuosa con el medio ambiente.
- El ahorro que supone el menor precio del combustible (a pesar de que la inversión inicial es mayor que con otros sistemas).
- El precio del biocombustible presenta una mayor estabilidad ya que no depende de fluctuaciones exteriores (como el gasoil).
- La utilización de estas calderas es muy sencilla, ya que se dispone de sistemas automáticos de operación y mantenimiento (retirada automática de la ceniza).
- Alto rendimiento energético, el cual se encuentra entre el 75% y el 90%.

2.- ELECCIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE

Para la calefacción de este edificio, se ha seleccionado como biocombustible el pellet, el cual es un biocombustible estandarizado.

Los pellets son un producto totalmente natural, catalogado como biomasa sólida, el cual está formado por cilindros muy pequeños que proceden de la compactación de serrines y virutas secas. Hay que tener en cuenta que en el proceso de obtención del pellet no se utiliza ningún tipo de producto químico, tan solo presión y vapor. En la siguiente tabla encontramos las características del pellet según su calidad.



	Pellet de baja calidad	Pellet estándar	Pellet de alta calidad
Poder Calorífico Inferior			
(Kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b. h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad aparente (kg/m³)	> 1.000	1.000 – 1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4 - 10	< 8

Tabla 1. Características del pellet según su calidad.

3.-SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento del biocombustible se adaptará una sala contigua a la sala de máquinas conocida como silo, la cual tendrá un uso único y exclusivo para el almacenamiento del pellet. La ausencia de humedad estará garantizada en el interior del silo. La puerta del silo debe garantizar la estanqueidad al polvo evitando la entrada de finos y, además contará con un sistema de contención para evitar la salida de la biomasa. La puerta del silo se abrirá hacia fuera y tendrá incorporada una ventana para poder controlar el estado de la biomasa sin tener que acceder al lugar de almacenamiento.

Para garantizar el deslizamiento del pellet por gravedad hasta el sistema de alimentación, el suelo del silo será inclinado a dos lados, formado por dos falsos suelos inclinados (35°).

El sistema de alimentación será un tornillo sin fin elevador que comunicará el silo con la caldera de biomasa, por tanto, se quedará conectada la zona de almacenamiento con la sala de máquinas.

3.1.- DIMENSIONADO DEL SILO

Para calcular la capacidad del silo necesaria para almacenar suficiente biomasa se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{T \cdot Q_u}{\mu \cdot PCI_{bh} \cdot d}$$

V: Volumen del silo (m³)

T: Tiempo de autonomía (h)

Q_u: Potencia nominal de la caldera (kW)

μ: Eficiencia de la caldera (%)

PCI_{bh}: Poder calorífico inferior en base húmeda (kWh/kg)

d: Densidad aparente del combustible (kg/m³)

$$V = \frac{160 \text{ h} \cdot 495 \text{ kW}}{0.93 \cdot 5 \text{ kWh/kg} \cdot 1400 \text{ kg/m}^3} = 12,17 \text{ m}^3$$

Debido a la potencia requerida por la instalación, se usa pellet de alta calidad y se llega a un compromiso colocando un silo de 12,17 metros cúbicos, el cual habrá que rellenar cada mes.

Esto supone un volumen del silo de 12,17 m³.



3.2.- SISTEMA DE CARGA DEL SILO

Es importante elegir un buen tipo de suministro en función del tipo de biocombustible que se vaya a utilizar.

Se ha optado por un sistema neumático, el cual, consistirá en alimentar el silo con ayuda de un camión cisterna capaz de alimentar a distancias de hasta 40m.

Este sistema de descarga se instala en un tiempo muy reducido, y consta de dos mangueras: una de llenado, con la que se introduce el combustible, y otra de succión, para la absorción de finos.

3.3.- ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL SILO A LA CALDERA

Para transportar la biomasa desde el silo hasta la caldera se ha optado por un sistema formado por un tornillo sin fin en codo. El tornillo sin fin sale desde el silo transportando la biomasa a ras del suelo, constituyendo el tornillo de extracción. El tornillo sin fin hace un codo y accede a la caldera de biomasa siendo esta parte el tornillo de subida.

El nivel de consumo de energía de este tipo de sistemas es bajo, y también tienen un bajo nivel de ruido, lo cual, es un dato importante que hay que tener en cuenta en un edificio dedicado a la docencia.

4.- REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LA SALA DE MÁQUINAS

4.1.- VENTILACIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS

Debido a la configuración del edificio es posible la instalación de un sistema de ventilación natural directa a través de orificios, ya que la sala de máquinas es contigua al exterior. Además, este sistema es el más recomendado siempre que sea posible.

Según el RITE en su *IT 1.3.4.1.2*, la apertura mínima de ventilación exigida es de 5 cm² por cada kW de potencia instalada en la sala de máquinas, siguiendo la siguiente expresión:

$$A_{libre,min} = n \cdot PN$$

$A_{libre,min}$: Área mínima de ventilación (cm²)
 PN : Potencia nominal instalada(kW)
 n : Coeficiente (cm²/kW) con valor "5" para ventilación natural directa por orificios.

$$A_{libre,min} = 5 * 495 = 2475 \text{ cm}^2$$

La superficie mínima de ventilación será de 2475 cm².

Es conveniente realizar diferentes aberturas a lo largo de la fachada, por tanto, se realizarán 5 aberturas de 20 cm x 25 cm cada una, sobrepasando así el mínimo exigido por seguridad. Las entradas de aire se harán en la parte inferior de las paredes. Todas las



aberturas de ventilación estarán protegidas por medio de rejillas y mallas metálicas antiinsectos.

Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas.

Superficie en planta de la sala de máquinas = $21,50 \text{ m}^2 = 215.000 \text{ cm}^2$

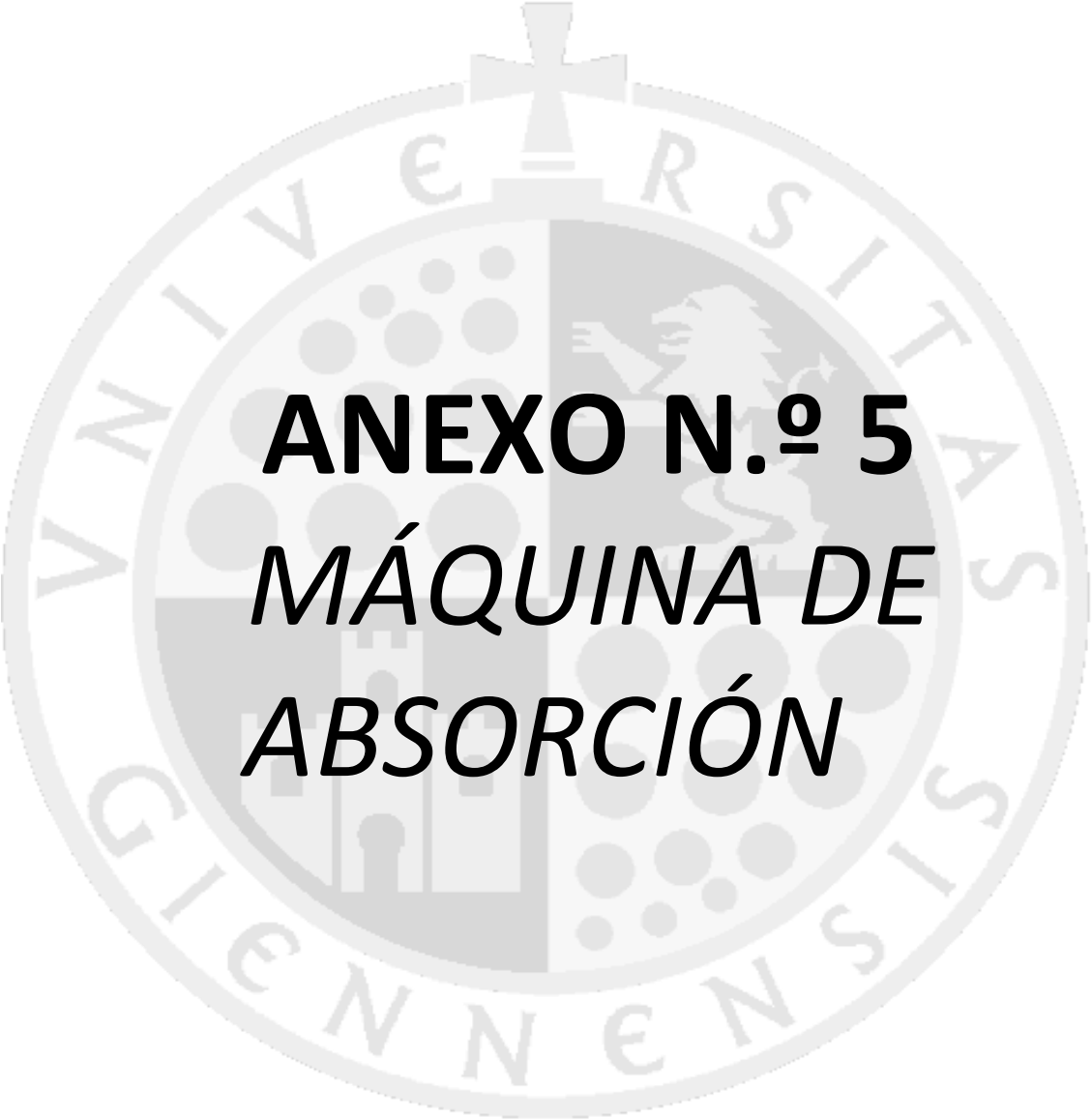
Superficie de abertura superior = 215 cm^2

4.2.- CHIMENEA

Para evacuar los productos de la combustión, esto se realizará por la cubierta del edificio. La chimenea conectará la caldera con el exterior justo por la cubierta superior de la sala de máquinas. La chimenea que se va a emplear será metálica prefabricada, de sección circular, debidamente aislada.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara



ANEXO N.º 5

MÁQUINA DE ABSORCIÓN



ÍNDICE DEL ANEXO Nº5: MÁQUINA DE ABSORCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN	84
1.1.- FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN	84



1.- INTRODUCCIÓN

Para calefactar el edificio se ha optado por la caldera de biomasa. Esta caldera calienta el agua que se almacena en un depósito mediante la combustión de la biomasa. El agua caliente se distribuye por la instalación y llega hasta las unidades terminales, las cuales en nuestro caso serán fancoils. Así es como calefactamos los diferentes locales en nuestro edificio.

Sin embargo, el propósito de este trabajo no es solo el cálculo, diseño y dimensionado de la instalación de calefacción, sino también hay que mencionar la instalación de refrigeración y por supuesto, la ventilación ya que estos son los tres puntos básicos de la climatización. Por lo que es necesario estudiar también la manera en la que vamos a refrigerar el edificio. Podemos emplear los aparatos que ya disponemos o bien, mediante otros sistemas que trabajen en colaboración.

Por lo expuesto anteriormente, se ha seleccionado la caldera de biomasa como sistema para climatizar, ya que se puede conectar a una máquina de absorción que actúe como unidad terminal para refrigerar.

1.1.- FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE ABSORCIÓN

Como se ha explicado anteriormente, la climatización se compone de tres fundamentos:

1. Producción de calor.
2. Producción de frío.
3. Tratamiento de aire (ventilación).

Para la producción de calor, la caldera de biomasa será la encargada y para la producción de frío lo será la máquina de absorción, aunque la caldera de biomasa será también responsable de una forma indirecta de la producción de frío.

Para combatir la demanda energética del edificio durante la estación de verano, la máquina de absorción se encargará de generar el frío a través de una fuente de calor. Dicha fuente de calor la proporcionará el agua caliente que procede de la caldera.

El funcionamiento de una máquina frigorífica convencional se basa en el siguiente ciclo termodinámico:

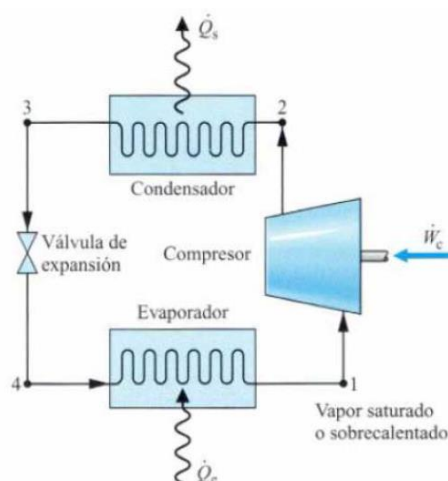


Ilustración 1. Ciclo termodinámico de una máquina frigorífica.

El ciclo comienza con el evaporador, el cual absorbe el calor que procede del local que queremos refrigerar. Después de esto, el vapor se comprime. Este calor se expulsa al exterior mediante un condensador, esta fase es la que viene después del compresor, y finalmente pasa por una válvula de expansión para comenzar el ciclo de nuevo.

A diferencia de la máquina frigorífica convencional, la máquina de absorción conectada a la caldera de biomasa trabaja de la siguiente forma:

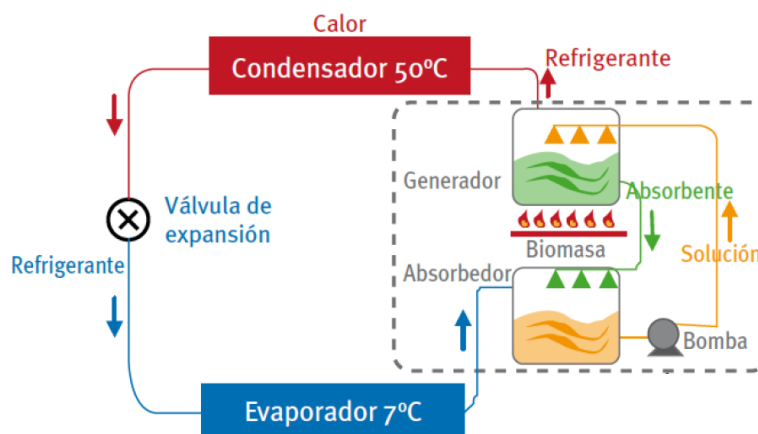


Ilustración 2. Ciclo termodinámico de la máquina de absorción conectada a la caldera de biomasa.

Como se puede ver, el compresor ha sido sustituido por un subsistema el cual está formado por un generador y un absorbedor. En este subsistema es donde encontramos el foco caliente proporcionado por la caldera.

En el generador encontramos una mezcla de amoníaco y agua a muy alta presión. La caldera de biomasa aporta energía térmica y gracias a esto, el amoníaco se evapora provocando la separación de la solución. El amoníaco que se encuentra vaporizado se dirige al condensador.



En el condensador, el calor se cede al exterior mediante la condensación del amoníaco.

Después de esto, el amoníaco llega a la válvula de expansión a una elevada presión. En dicha válvula, la presión del amoníaco se reduce bruscamente y esto hace que pase a un estado bifásico (líquido + vapor).

Por último, esta mezcla de líquido + vapor que se ha formado anteriormente gracias a la válvula de expansión, llega al evaporador, donde el amoníaco se evapora absorbiendo calor.

Cuando el amoníaco sale del evaporador, llega al absorbedor a baja presión, donde se disuelve de nuevo en el agua que procede del generador.

Para concluir el ciclo, la bomba se encarga de que la mezcla de amoníaco disuelto en agua llegue hasta el generador.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara.



ANEXO Nº 6

INSTALACIÓN HIDRÁULICA



ÍNDICE DEL ANEXO Nº6: INSTALACIÓN HIDRÁULICA

1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS.....	89
2.- HOJAS DE CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS.....	90
2.1.- PLANTA BAJA.....	90
2.2.- PLANTA PRIMERA.....	95
2.3.- PLANTA SEGUNDA.....	99



1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE TUBERÍAS

Se va a dividir la instalación de la red de tuberías en tres zonas, las cuales corresponden a cada una de las plantas del edificio. Cada una de ellas abarcará los locales que encontramos en cada planta y tendrán sistemas de impulsión independientes.

Un termostato será el dispositivo que controlará el funcionamiento del fancoil. Cuando se llegue a la temperatura deseada, este termostato enviará una señal a la válvula de tres vías, la cual se colocará de forma estratégica. Esta válvula desvía el agua desde la tubería de ida hasta la de retorno antes de su entrada al fancoil. El objetivo de esto es que el agua mantenga la temperatura a la que salió del depósito de inercia, para así evitar el intercambiador de calor con el aire que se trata en el interior del fancoil.

La red se distribuirá de la siguiente manera:

	LOCAL	CARGA (kW)
Zona 1	Planta Baja	170,57
Zona 2	Planta Primera	141,65
Zona 3	Planta Segunda	141,53

Tabla 1. Distribución de la red para las distintas zonas.

Las tuberías que forman la red de distribución del sistema de fancoils serán de polipropileno, con los siguientes diámetros:

ϕ Comercial (mm)
20
25
32
40
50
63
75
90
110
125
160
PPR

Tabla 2. Diámetros de las tuberías de la red de distribución del sistema.

En los planos de dicho trabajo se puede encontrar el esquema numerado de la red de tuberías.

El proceso de cálculo que se ha seguido se ha explicado en la memoria. En este anexo muestran las hojas de cálculo para cada planta.



2.- HOJAS DE CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS

2.1.- PLANTA BAJA

PLANTA BAJA									
Tramo	Pot (kW)	Q (kg/s)	Q (l/h)	Q (m3/s)	S teo (mm ²)	S real (mm ²)	Φ teo (mm)	Φ real (mm)	v real (m/s)
B_0	189,7	9,12	32833	0,00912	4560,1	6361,7	76,2	90	1,434
0_1	64,5	3,10	11163	0,00310	1550,5	1963,5	44,4	50	1,579
1_2	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
2_3	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
2_4	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
4_5	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
4_6	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
7_8	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
8_9	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
8_10	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
10_11	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
10_12	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
7_13	105,4	5,07	18242	0,00507	2533,7	3117,2	56,8	63	1,626
13_14	16,4	0,79	2838	0,00079	394,2	490,9	22,4	25	1,606
14_15	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
14_16	12,8	0,62	2215	0,00062	307,7	314,2	19,8	20	1,959
16_17	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
17_18	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
17_19	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
16_20	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
20_21	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
20_22	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
13_23	89	4,28	15404	0,00428	2139,4	3117,2	52,2	63	1,373
23_24	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
24_25	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_26	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_27	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
27_28	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
27_29	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
23_30	63,8	3,07	11042	0,00307	1533,7	1963,5	44,2	50	1,562
30_31	51,2	2,46	8862	0,00246	1230,8	1256,6	39,6	40	1,959
31_32	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
31_33	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
31_34	38,4	1,85	6646	0,00185	923,1	1256,6	34,3	40	1,469
34_35	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979



34_36	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
34_37	25,6	1,23	4431	0,00123	615,4	804,2	28,0	32	1,530
37_38	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
37_39	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
37_40	12,8	0,62	2215	0,00062	307,7	314,2	19,8	20	1,959
40_41	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
40_42	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
30_43	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
43_44	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
44_45	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
44_46	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
44_47	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
47_48	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
47_49	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
43_50	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
50_51	10,5	0,50	1817	0,00050	252,4	314,2	17,9	20	1,607
51_52	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
51_53	6,9	0,33	1194	0,00033	165,9	314,2	14,5	20	1,056
53_54	3,45	0,17	597	0,00017	82,9	314,2	10,3	20	0,528
53_55	3,45	0,17	597	0,00017	82,9	314,2	10,3	20	0,528
56_58	26,7	1,28	4621	0,00128	641,8	804,2	28,6	32	1,596
58_59	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
59_60	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
59_61	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
61_62	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
61_63	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
7_0	124,3	5,98	21513	0,00598	2988,0	3117,2	61,7	63	1,917
50_56	23,1	1,11	3998	0,00111	555,3	804,2	26,6	32	1,381
56_57	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
58_1	45,6	2,19	7892	0,00219	1096,2	1256,6	37,4	40	1,745

Tabla 3. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta baja.



Tramo	Q (l/h)	L (m)	Φ real (mm)	L eq acc (m)	L total (m)	J teo (mmca/m)	J total (mmca)	J total (kPa)
B_0	32832,69	2,31	90	6,55	8,86	20	177,2	1,738
0_1	11163,46	1,21	50	0,6	1,81	40	72,4	0,710
1_2	3271,15	4,27	25	8,8	13,07	150	1960,5	19,225
2_3	1090,38	2,31	20	1,18	3,49	75	261,75	2,567
2_4	2180,77	3,41	20	0,2	3,61	235	848,35	8,319
4_5	1090,38	2,31	20	1,18	3,49	75	261,75	2,567
4_6	1090,38	5,35	20	1,81	7,16	75	537	5,266
7_8	3271,15	3,66	25	8,8	12,46	150	1869	18,328
8_9	1090,38	2,22	20	1,18	3,4	75	255	2,501
8_10	2180,77	3,57	20	0,2	3,77	235	885,95	8,688
10_11	1090,38	2,22	20	1,18	3,4	75	255	2,501
10_12	1090,38	5,79	20	1,81	7,6	75	570	5,590
7_13	18242,31	5,32	63	1,7	7,02	37	259,74	2,547
13_14	2838,46	8,33	25	0,3	8,63	110	949,3	9,309
14_15	623,08	0,93	20	0,55	1,48	32	47,36	0,464
14_16	2215,38	7,98	20	0,2	8,18	235	1922,3	18,851
16_17	1107,69	5,06	20	9,5	14,56	91	1324,96	12,993
17_18	553,85	3,18	20	1,18	4,36	21	91,56	0,898
17_19	553,85	4,71	20	1,18	5,89	21	123,69	1,213
16_20	1107,69	6,29	20	10,13	16,42	91	1494,22	14,653
20_21	553,85	2,07	20	1,18	3,25	21	68,25	0,669
20_22	553,85	2,66	20	1,18	3,84	21	80,64	0,791
13_23	15403,85	4,07	63	1,7	5,77	27	155,79	1,528
23_24	4361,54	5,54	32	13,9	19,44	73	1419,12	13,916
24_25	1090,38	2,41	20	1,18	3,59	75	269,25	2,640
24_26	1090,38	2,10	20	1,18	3,28	75	246	2,412
24_27	2180,77	6,01	20	3	9,01	235	2117,35	20,764
27_28	1090,38	3,47	20	1,18	4,65	75	348,75	3,420
27_29	1090,38	3,14	20	1,18	4,32	75	324	3,177
23_30	11042,31	4,67	50	1,05	5,72	47,5	271,7	2,664
30_31	8861,54	5,05	40	17,6	22,65	121	2740,65	26,876
31_32	1107,69	2,41	20	1,18	3,59	91	326,69	3,204
31_33	1107,69	2,30	20	1,18	3,48	91	316,68	3,105
31_34	6646,15	4,08	40	4,6	8,68	69	598,92	5,873
34_35	1107,69	3,01	20	1,18	4,19	91	381,29	3,739
34_36	1107,69	3,02	20	1,18	4,2	91	382,2	3,748
34_37	4430,77	4,17	32	4,1	8,27	73	603,71	5,920
37_38	1107,69	3,61	20	1,18	4,79	91	435,89	4,274
37_39	1107,69	3,71	20	1,18	4,89	91	444,99	4,364



37_40	2215,38	3,96	20	3	6,96	235	1635,6	16,039
40_41	1107,69	3,95	20	1,18	5,13	91	466,83	4,578
40_42	1107,69	3,94	20	1,18	5,12	91	465,92	4,569
30_43	2180,77	4,67	20	0,65	5,32	235	1250,2	12,260
43_44	4361,54	5,54	32	15,6	21,14	73	1543,22	15,133
44_45	1090,38	2,41	20	1,18	3,59	75	269,25	2,640
44_46	1090,38	2,10	20	1,18	3,28	75	246	2,412
44_47	2180,77	6,01	20	3	9,01	235	2117,35	20,764
47_48	1090,38	3,47	20	1,18	4,65	75	348,75	3,420
47_49	1090,38	3,14	20	1,18	4,32	75	324	3,177
43_50	2180,77	4,07	20	0,65	4,72	235	1109,2	10,877
50_51	1817,31	15,80	20	0,2	16	192	3072	30,125
51_52	623,08	0,82	20	0,55	1,37	32	43,84	0,430
51_53	1194,23	3,93	20	0,2	4,13	91	375,83	3,686
53_54	597,12	4,19	20	7,05	11,24	32	359,68	3,527
53_55	597,12	6,13	20	7,68	13,81	32	441,92	4,334
56_58	4621,15	6,61	32	0,96	7,57	73	552,61	5,419
58_59	3271,15	3,66	25	8,8	12,46	130	1619,8	15,884
59_60	1090,38	2,22	20	1,18	3,4	75	255	2,501
59_61	2180,77	3,57	20	0,2	3,77	235	885,95	8,688
61_62	1090,38	2,22	20	1,18	3,4	75	255	2,501
61_63	1090,38	5,79	20	1,81	7,6	75	570	5,590
7_0	21513,46	3,65	63	0,7	4,35	450	1957,5	19,196
50_56	3998,08	1,30	32	0,4	1,7	66	112,2	1,100
56_57	623,08	1,14	20	0,55	1,69	32	54,08	0,530
58_1	7892,31	4,82	40	1,2	6,02	99	595,98	5,844

Tabla 4. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta baja.

Si observamos los resultados obtenidos y la disposición de la red de tuberías en los planos, el ramal más desfavorable, el cual corresponde a las mayores pérdidas, es el siguiente:

Tramo	J total (mca)	J total (kPa)
B_0	0,18	1,738
0_1	0,07	0,710
50_51	3,07	30,125
51_53	0,38	3,686
53_55	0,44	4,334
56_58	0,55	5,419
50_56	0,11	1,1
58_1	0,60	5,844
J TOTAL	5,4	52,96

Tabla 5. Ramal más desfavorable para la planta baja.

Los datos que se obtienen nos sirven de ayuda para la elección y dimensionado de la bomba de circulación. Esta bomba tiene que ser capaz de hacer circular un caudal máximo de 32,83 m³/h soportando unas pérdidas de carga de 5,4 mca. Con estos datos, la bomba seleccionada es la siguiente:

Marca: Calpeda
Modelo: NC65-120

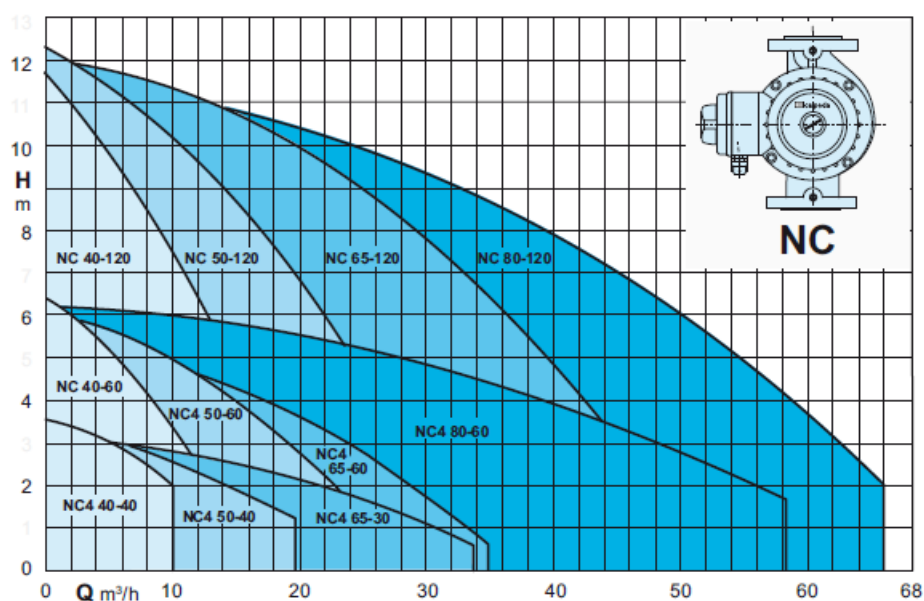


Ilustración 1. Diagrama modelos de bombas para planta baja.



2.2.- PLANTA PRIMERA

PLANTA PRIMERA									
Tramo	Pot (kW)	Q (kg/s)	Q (l/h)	Q (m3/s)	S teo (mm ²)	S real (mm ²)	Φ teo (mm)	Φ real (mm)	v real (m/s)
B_0	173,2	8,33	29977	0,00833	4163,5	6361,7	72,8	90	1,309
0_1	71,1	3,42	12306	0,00342	1709,1	1963,5	46,6	50	1,741
1_2	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
2_3	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
2_4	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
4_5	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
4_6	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
0_7	102,1	4,91	17671	0,00491	2454,3	3117,2	55,9	63	1,575
7_8	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
8_9	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
8_10	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
10_11	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
10_12	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
7_13	83,2	4,00	14400	0,00400	2000,0	3117,2	50,5	63	1,283
13_55	22,6	1,09	3912	0,00109	543,3	804,2	26,3	32	1,351
55_14	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
55_15	22,6	1,09	3912	0,00109	543,3	804,2	26,3	32	1,351
15_16	16,2	0,78	2804	0,00078	389,4	490,9	22,3	25	1,587
16_17	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
16_18	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
16_19	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
15_20	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
20_21	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
20_22	3,2	0,15	554	0,00015	76,9	314,2	9,9	20	0,490
13_23	57	2,74	9865	0,00274	1370,2	1963,5	41,8	50	1,396
23_24	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
24_25	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_26	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_27	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
27_28	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
27_29	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
23_30	31,8	1,53	5504	0,00153	764,4	804,2	31,2	32	1,901
30_32	19,2	0,92	3323	0,00092	461,5	490,9	24,2	25	1,880
32_56	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
32_33	12,8	0,62	2215	0,00062	307,7	314,2	19,8	20	1,959
33_34	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
33_57	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979



30_35	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
35_36	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
36_37	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
36_38	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
36_39	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
39_41	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
39_40	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
35_42	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	804,2	19,6	32	0,753
42_43	17,1	0,82	2960	0,00082	411,1	490,9	22,9	25	1,675
43_58	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
43_44	13,5	0,65	2337	0,00065	324,5	490,9	20,3	25	1,322
44_45	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
44_59	7,2	0,35	1246	0,00035	173,1	314,2	14,8	20	1,102
59_46	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
59_47	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
42_60	29,7	1,43	5140	0,00143	713,9	804,2	30,1	32	1,775
48_60	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
49_60	33,3	1,60	5763	0,00160	800,5	804,2	31,9	32	1,991
49_50	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
50_51	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
50_52	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
52_53	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
52_54	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
49_1	52,2	2,51	9035	0,00251	1254,8	1963,5	40,0	50	1,278

Tabla 6. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta primera.



Tramo	Q (l/h)	L (m)	Φ real (mm)	L eq acc (m)	L total (m)	J teo (mmca/m)	J total (mmca)	J total (kPa)
B_0	29976,9	2,38	90,00	6,55	8,9	18,0	160,7	1,6
0_1	12305,8	1,21	50,00	0,60	1,8	55,0	99,6	1,0
1_2	3271,2	4,27	25,00	8,80	13,1	94,0	1228,6	12,0
2_3	1090,4	1,38	20,00	1,18	2,6	70,0	179,2	1,8
2_4	2180,8	3,41	20,00	0,20	3,6	235,0	848,4	8,3
4_5	1090,4	1,38	20,00	1,18	2,6	70,0	179,2	1,8
4_6	1090,4	4,35	20,00	1,81	6,2	70,0	431,2	4,2
0_7	17671,2	3,65	63,00	0,70	4,4	37,0	161,0	1,6
7_8	3271,2	3,66	25,00	8,80	12,5	13,0	162,0	1,6
8_9	1090,4	1,42	20,00	1,18	2,6	70,0	182,0	1,8
8_10	2180,8	3,57	20,00	0,20	3,8	235,0	886,0	8,7
10_11	1090,4	1,43	20,00	0,20	1,6	70,0	114,1	1,1
10_12	1090,4	4,30	20,00	1,81	6,1	70,0	427,7	4,2
7_13	14400,0	5,32	63,00	1,70	7,0	27,0	189,5	1,9
13_55	3911,5	8,33	32,00	0,40	8,7	66,0	576,2	5,7
55_14	623,1	0,93	20,00	0,55	1,5	21,0	31,1	0,3
55_15	3911,5	7,98	32,00	0,40	8,4	66,0	553,1	5,4
15_16	2803,8	5,06	25,00	8,80	13,9	130,0	1801,8	17,7
16_17	1090,4	4,47	20,00	1,18	5,7	70,0	395,5	3,9
16_18	1090,4	1,00	20,00	0,55	1,6	70,0	108,5	1,1
16_19	1090,4	4,75	20,00	1,18	5,9	70,0	415,1	4,1
15_20	1107,7	6,29	20,00	10,13	16,4	70,0	1149,4	11,3
20_21	553,8	2,16	20,00	1,18	3,3	21,0	70,1	0,7
20_22	553,8	2,75	20,00	1,18	3,9	21,0	82,5	0,8
13_23	9865,4	4,07	50,00	1,43	5,5	40,0	220,0	2,2
23_24	4361,5	5,54	32,00	15,60	21,1	66,0	1395,2	13,7
24_25	1090,4	2,58	20,00	1,18	3,8	70,0	263,2	2,6
24_26	1090,4	2,58	20,00	1,18	3,8	70,0	263,2	2,6
24_27	2180,8	6,01	20,00	3,00	9,0	235,0	2117,4	20,8
27_28	1090,4	3,05	20,00	1,18	4,2	70,0	296,1	2,9
27_29	1090,4	3,28	20,00	1,18	4,5	70,0	312,2	3,1
23_30	5503,8	5,96	32,00	0,96	6,9	116,0	802,7	7,9
30_32	3323,1	4,39	25,00	8,80	13,2	130,0	1714,7	16,8
32_56	1107,7	2,38	20,00	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4
32_33	2215,4	3,41	20,00	0,20	3,6	235,0	848,4	8,3
33_34	1107,7	5,69	20,00	1,18	6,9	70,0	480,9	4,7
33_57	1107,7	2,38	20,00	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4
30_35	2180,8	3,15	20,00	0,63	3,8	235,0	888,3	8,7
35_36	4361,5	5,80	32,00	15,60	21,4	82,0	1754,8	17,2
36_37	1090,4	2,35	20,00	1,18	3,5	70,0	247,1	2,4
36_38	1090,4	2,48	20,00	1,18	3,7	70,0	256,2	2,5
36_39	2180,8	6,29	20,00	3,00	9,3	235,0	2183,2	21,4
39_41	1090,4	3,46	20,00	1,18	4,6	70,0	324,8	3,2



39_40	1090,4	2,87	20,00	1,18	4,1	70,0	283,5	2,8
35_42	2180,8	4,52	32,00	0,96	5,5	235,0	1287,8	12,6
42_43	2959,6	15,80	25,00	0,30	16,1	130,0	2093,0	20,5
43_58	623,1	1,00	20,00	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3
43_44	2336,5	3,93	25,00	3,60	7,5	94,0	707,8	6,9
44_45	1090,4	4,19	20,00	7,05	11,2	70,0	786,8	7,7
44_59	1246,2	4,70	20,00	3,00	7,7	70,0	539,0	5,3
59_46	623,1	1,96	20,00	7,05	9,0	21,0	189,2	1,9
59_47	623,1	2,17	20,00	7,05	9,2	21,0	193,6	1,9
42_60	5140,4	1,30	32,00	0,40	1,7	98,0	166,6	1,6
48_60	623,1	1,00	20,00	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3
49_60	5763,5	6,61	32,00	0,56	7,2	116,0	831,7	8,2
49_50	3271,2	4,22	25,00	8,80	13,0	130,0	1692,6	16,6
50_51	1090,4	2,36	20,00	1,18	3,5	70,0	247,8	2,4
50_52	2180,8	3,42	20,00	0,20	3,6	235,0	850,7	8,3
52_53	1090,4	2,36	20,00	1,18	3,5	70,0	247,8	2,4
52_54	1090,4	5,19	20,00	1,81	7,0	70,0	490,0	4,8
49_1	9034,6	4,8	50,0	0,8	5,7	33,0	186,5	1,8

Tabla 7. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta primera.

El ramal más desfavorable es el siguiente:

Tramo	J total (mmca)	J total (kPa)
B_0	160,7	1,6
0_1	99,6	1,0
42_43	2093,0	20,5
43_44	707,8	6,9
44_59	539,0	5,3
59_47	193,6	1,9
42_60	166,6	1,6
49_60	831,7	8,2
49_1	186,5	1,8
J TOTAL	4978,5	48,82

Tabla 8. Ramal más desfavorable para la planta primera.

Los datos que se obtienen nos sirven de ayuda para la elección y dimensionado de la bomba de circulación. Esta bomba tiene que ser capaz de hacer circular un caudal máximo de 29,98 m³/h soportando unas pérdidas de carga de 4,98 mca. Con estos datos, la bomba seleccionada es la siguiente:

Marca: *Calpeda*
Modelo: *NC4 80-60*

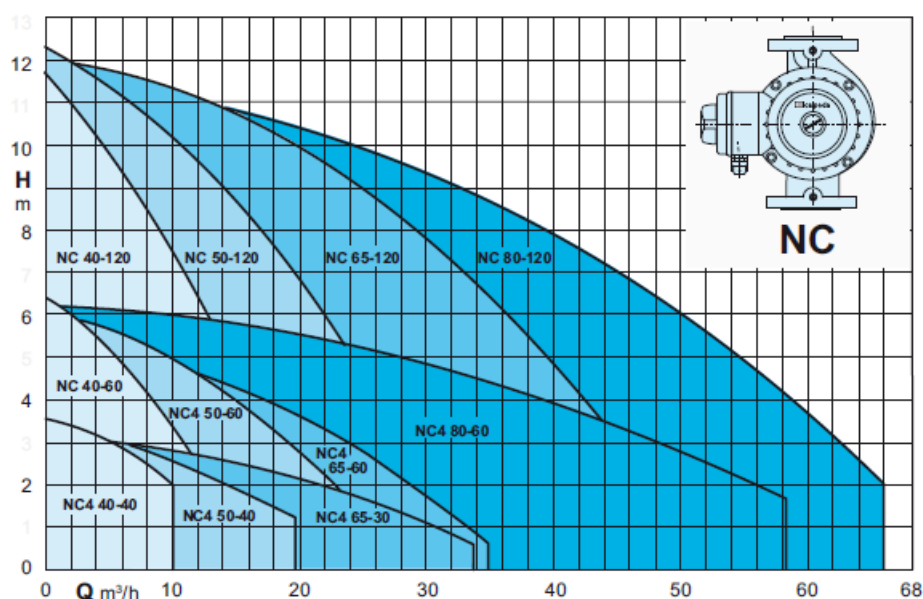


Ilustración 2. Diagrama modelos de bombas para planta primera.

2.3.- PLANTA SEGUNDA

PLANTA SEGUNDA									
Tramo	Pot (kW)	Q (kg/s)	Q (l/h)	Q (m³/s)	S teo (mm²)	S real (mm²)	Φ teor (mm)	Φ real (mm)	v real (m/s)
B_0	183,9	8,84	31829	0,00884	4420,7	6361,7	75,0	90	1,390
0_1	77,4	3,72	13396	0,00372	1860,6	1963,5	48,7	50	1,895
1_2	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
2_3	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
2_4	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
4_5	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
4_6	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
0_7	106,5	5,12	18433	0,00512	2560,1	3117,2	57,1	63	1,643
7_8	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
8_9	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
8_10	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
10_11	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
10_12	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
7_13	87,6	4,21	15162	0,00421	2105,8	3117,2	51,8	63	1,351
13_55	30,6	1,47	5296	0,00147	735,6	804,2	30,6	32	1,829
55_14	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
55_15	27	1,30	4673	0,00130	649,0	804,2	28,7	32	1,614



15_16	14,4	0,69	2492	0,00069	346,2	490,9	21,0	25	1,410
16_64	7,2	0,35	1246	0,00035	173,1	314,2	14,8	20	1,102
64_18	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
16_65	7,2	0,35	1246	0,00035	173,1	314,2	14,8	20	1,102
61_65	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
17_64	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
19_65	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
15_20	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
20_21	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
20_22	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
13_23	57	2,74	9865	0,00274	1370,2	1963,5	41,8	50	1,396
23_24	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
24_25	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_26	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
24_27	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
27_28	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
27_29	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
23_30	31,8	1,53	5504	0,00153	764,4	804,2	31,2	32	1,901
30_32	19,2	0,92	3323	0,00092	461,5	490,9	24,2	25	1,880
32_56	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
32_33	12,8	0,62	2215	0,00062	307,7	314,2	19,8	20	1,959
33_34	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
33_57	6,4	0,31	1108	0,00031	153,8	314,2	14,0	20	0,979
30_35	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
35_36	25,2	1,21	4362	0,00121	605,8	804,2	27,8	32	1,506
36_37	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
36_38	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
36_39	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
39_41	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
39_40	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
35_42	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	804,2	19,6	32	0,753
42_43	23,4	1,13	4050	0,00113	562,5	804,2	26,8	32	1,399
43_58	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
43_44	19,8	0,95	3427	0,00095	476,0	490,9	24,6	25	1,939
45_62	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
45_63	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
44_45	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
44_59	7,2	0,35	1246	0,00035	173,1	314,2	14,8	20	1,102
59_46	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
59_47	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
42_60	36	1,73	6231	0,00173	865,4	1256,6	33,2	40	1,377



48_60	3,6	0,17	623	0,00017	86,5	314,2	10,5	20	0,551
49_60	39,6	1,90	6854	0,00190	951,9	1256,6	34,8	40	1,515
49_50	18,9	0,91	3271	0,00091	454,3	490,9	24,1	25	1,851
50_51	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
50_52	12,6	0,61	2181	0,00061	302,9	314,2	19,6	20	1,928
52_53	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
52_54	6,3	0,30	1090	0,00030	151,4	314,2	13,9	20	0,964
49_1	58,5	2,81	10125	0,00281	1406,3	1963,5	42,3	50	1,432

Tabla 9. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta segunda.

Tramo	Q (l/h)	L (m)	Φ real (mm)	L eq acc (m)	L total (m)	J teo (mmca/m)	J total (mmca)	J total (kPa)	J total (mca)
B_0	31828,8	2,24	90,0	6,55	8,8	18,0	158,2	1,6	0,2
0_1	13396,2	1,23	50,0	0,60	1,8	55,0	100,7	1,0	0,1
1_2	3271,2	4,25	25,0	8,80	13,1	130,0	1696,5	16,6	1,7
2_3	1090,4	2,38	20,0	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4	0,2
2_4	2180,8	3,44	20,0	0,20	3,6	235,0	855,4	8,4	0,9
4_5	1090,4	2,38	20,0	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4	0,2
4_6	1090,4	5,35	20,0	1,81	7,2	70,0	501,2	4,9	0,5
0_7	18432,7	3,65	63,0	0,70	4,4	37,0	161,0	1,6	0,2
7_8	3271,2	3,66	25,0	8,80	12,5	130,0	1619,8	15,9	1,6
8_9	1090,4	1,42	20,0	1,18	2,6	70,0	182,0	1,8	0,2
8_10	2180,8	3,57	20,0	0,20	3,8	235,0	886,0	8,7	0,9
10_11	1090,4	1,43	20,0	1,18	2,6	70,0	182,7	1,8	0,2
10_12	1090,4	5,30	20,0	1,81	7,1	70,0	497,7	4,9	0,5
7_13	15161,5	5,32	63,0	1,70	7,0	27,0	189,5	1,9	0,2
13_55	5296,2	8,33	32,0	0,40	8,7	116,0	1012,7	9,9	1,0
55_14	623,1	1,00	20,0	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3	0,0
55_15	4673,1	7,98	32,0	0,40	8,4	82,0	687,2	6,7	0,7
15_16	2492,3	5,06	25,0	12,10	17,2	94,0	1613,0	15,8	1,6
16_64	1246,2	1,79	20,0	0,20	2,0	70,0	139,3	1,4	0,1
64_18	623,1	1,00	20,0	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3	0,0
16_65	1246,2	0,70	20,0	0,20	0,9	70,0	63,0	0,6	0,1
61_65	623,1	3,77	20,0	1,18	5,0	21,0	104,0	1,0	0,1
17_64	623,1	3,73	20,0	1,18	4,9	21,0	103,1	1,0	0,1
19_65	623,1	1,00	20,0	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3	0,0
15_20	2180,8	6,29	20,0	10,13	16,4	235,0	3858,7	37,8	3,9
20_21	1090,4	2,16	20,0	1,18	3,3	70,0	233,8	2,3	0,2
20_22	1090,4	2,75	20,0	1,18	3,9	70,0	275,1	2,7	0,3
13_23	9865,4	4,07	50,0	1,43	5,5	40,0	220,0	2,2	0,2
23_24	4361,5	5,54	32,0	15,60	21,1	82,0	1733,5	17,0	1,7
24_25	1090,4	2,58	20,0	1,18	3,8	70,0	263,2	2,6	0,3



24_26	1090,4	2,25	20,0	1,18	3,4	70,0	240,1	2,4	0,2
24_27	2180,8	6,01	20,0	3,00	9,0	235,0	2117,4	20,8	2,1
27_28	1090,4	3,05	20,0	1,18	4,2	70,0	296,1	2,9	0,3
27_29	1090,4	3,38	20,0	1,18	4,6	70,0	319,2	3,1	0,3
23_30	5503,8	5,96	32,0	0,96	6,9	116,0	802,7	7,9	0,8
30_32	3323,1	4,39	25,0	8,80	13,2	170,0	2242,3	22,0	2,2
32_56	1107,7	2,38	20,0	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4	0,2
32_33	2215,4	3,41	20,0	0,20	3,6	235,0	848,4	8,3	0,8
33_34	1107,7	5,35	20,0	1,81	7,2	70,0	501,2	4,9	0,5
33_57	1107,7	2,38	20,0	1,18	3,6	70,0	249,2	2,4	0,2
30_35	2180,8	3,15	20,0	0,63	3,8	235,0	888,3	8,7	0,9
35_36	4361,5	5,80	32,0	15,10	20,9	82,0	1713,8	16,8	1,7
36_37	1090,4	2,35	20,0	1,18	3,5	70,0	247,1	2,4	0,2
36_38	1090,4	2,48	20,0	1,18	3,7	70,0	256,2	2,5	0,3
36_39	2180,8	6,29	20,0	0,20	6,5	235,0	1525,2	15,0	1,5
39_41	1090,4	3,46	20,0	1,18	4,6	70,0	324,8	3,2	0,3
39_40	1090,4	2,87	20,0	1,18	4,1	70,0	283,5	2,8	0,3
35_42	2180,8	4,46	32,0	0,96	5,4	235,0	1273,7	12,5	1,3
42_43	4050,0	15,80	32,0	0,40	16,2	66,0	1069,2	10,5	1,1
43_58	623,1	1,00	20,0	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3	0,0
43_44	3426,9	3,93	25,0	0,30	4,2	170,0	719,1	7,1	0,7
45_62	1090,4	2,75	20,0	1,18	3,9	70,0	275,1	2,7	0,3
45_63	1090,4	2,16	20,0	1,18	3,3	70,0	233,8	2,3	0,2
44_45	2180,8	3,43	20,0	9,50	12,9	235,0	3038,6	29,8	3,0
44_59	1246,2	4,75	20,0	3,00	7,8	70,0	542,5	5,3	0,5
59_46	623,1	1,96	20,0	7,68	9,6	21,0	202,4	2,0	0,2
59_47	623,1	1,17	20,0	7,68	8,9	21,0	185,9	1,8	0,2
42_60	6230,8	1,30	40,0	0,50	1,8	60,0	108,0	1,1	0,1
48_60	623,1	1,00	20,0	0,55	1,6	21,0	32,6	0,3	0,0
49_60	6853,8	6,61	40,0	1,20	7,8	78,0	609,2	6,0	0,6
49_50	3271,2	4,28	25,0	8,80	13,1	170,0	2223,6	21,8	2,2
50_51	1090,4	2,30	20,0	1,18	3,5	70,0	243,6	2,4	0,2
50_52	2180,8	3,36	20,0	0,20	3,6	235,0	836,6	8,2	0,8
52_53	1090,4	2,36	20,0	1,18	3,5	70,0	247,8	2,4	0,2
52_54	1090,4	5,23	20,0	1,81	7,0	70,0	492,8	4,8	0,5
49_1	10125,0	1,82	50,0	1,43	3,3	40,0	130,0	1,3	0,1

Tabla 10. Hoja de cálculo de la red de tuberías para la planta segunda (invierno).

Tramo	J total (mmca)	J total (kPa)
B_0	158,2	1,6
0_1	100,7	1,0
42_43	1069,2	10,5
43_44	719,1	7,1
44_59	542,5	5,3
59_47	185,9	1,8
42_60	108,0	1,1
49_60	609,2	6,0
49_1	130	1,3
J TOTAL	3622,7	35,5

Tabla 11. Ramal más desfavorable para la planta segunda.

Los datos que se obtienen nos sirven de ayuda para la elección y dimensionado de la bomba de circulación. Esta bomba tiene que ser capaz de hacer circular un caudal máximo de $31,82 \text{ m}^3/\text{h}$ soportando unas pérdidas de carga de 3,62 mca. Con estos datos, la bomba seleccionada es la siguiente:

Marca: Calpeda
Modelo: NC4 80-60

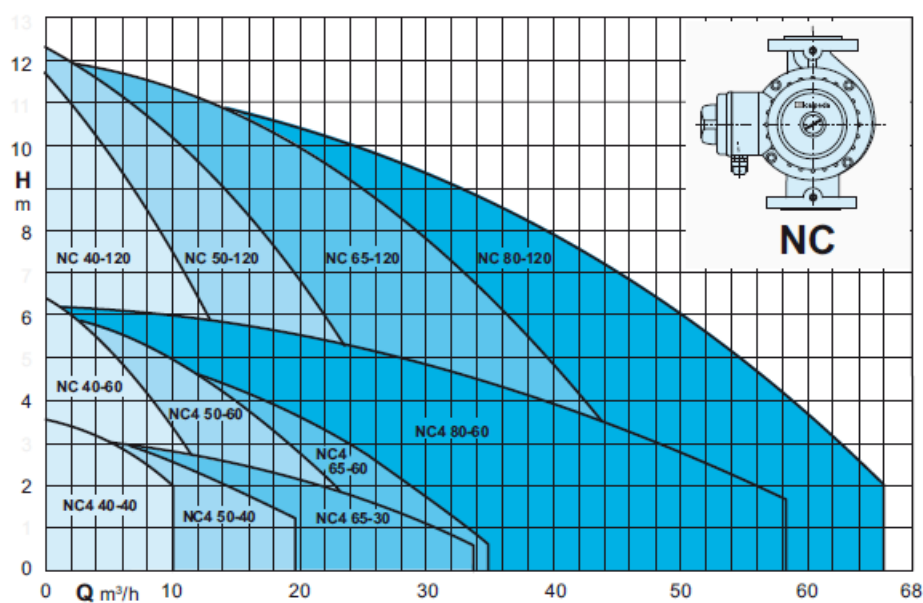


Ilustración 3. Diagrama modelos de bombas para planta segunda.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 6



ANEXO Nº 7

CONDUCTOS DE IMPULSIÓN



ÍNDICE DEL ANEXO Nº7: CONDUCTOS DE IMPULSIÓN

1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE CONDUCTOS	106
2.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS	106
3.- HOJAS DE CÁLCULO PARA LAS REDES	109
3.1.- ZONA 1: PLANTA BAJA	109
3.2.- ZONA 2: PLANTA PRIMERA	111
3.3.- ZONA 3: PLANTA SEGUNDA	112



1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE CONDUCTOS

La red de conductos del edificio se va a dividir en tres zonas independientes. Cada una de ellas se conecta a un recuperador de calor del aire de extracción, los cuales se sitúan en la cubierta del edificio. La distribución de la red de conductos de impulsión es la que se muestra a continuación:

ZONA	RECUPERADOR	LOCAL	CAUDAL VENTILACIÓN (m ³ /h)	CAUDAL RECUPERADOR (m ³ /h)
1	RIS-700W	Planta baja	25480	26000
2	RIS-700W	Planta primera	22590	26000
3	RIS-700W	Planta Segunda	22590	26000

Tabla 1. Caudales de ventilación y recuperadores para las distintas zonas.

2.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS

Vamos a encontrar dos tipos de redes: la de impulsión y la de retorno. En la de impulsión, los conductos serán de chapa galvanizada con aislante exterior. La de retorno será igual, de chapa galvanizada pero no tendrá aislamiento. Se deberá cumplir la normativa vigente.

Las dos redes serán de baja velocidad, la velocidad de salida del recuperador será de 7m/s.

El método de cálculo que se ha utilizado ha sido el de “Pérdidas de Carga Constante”, y hemos empleado el método de las longitudes equivalentes para las pérdidas por accesorios y geometría de la instalación.

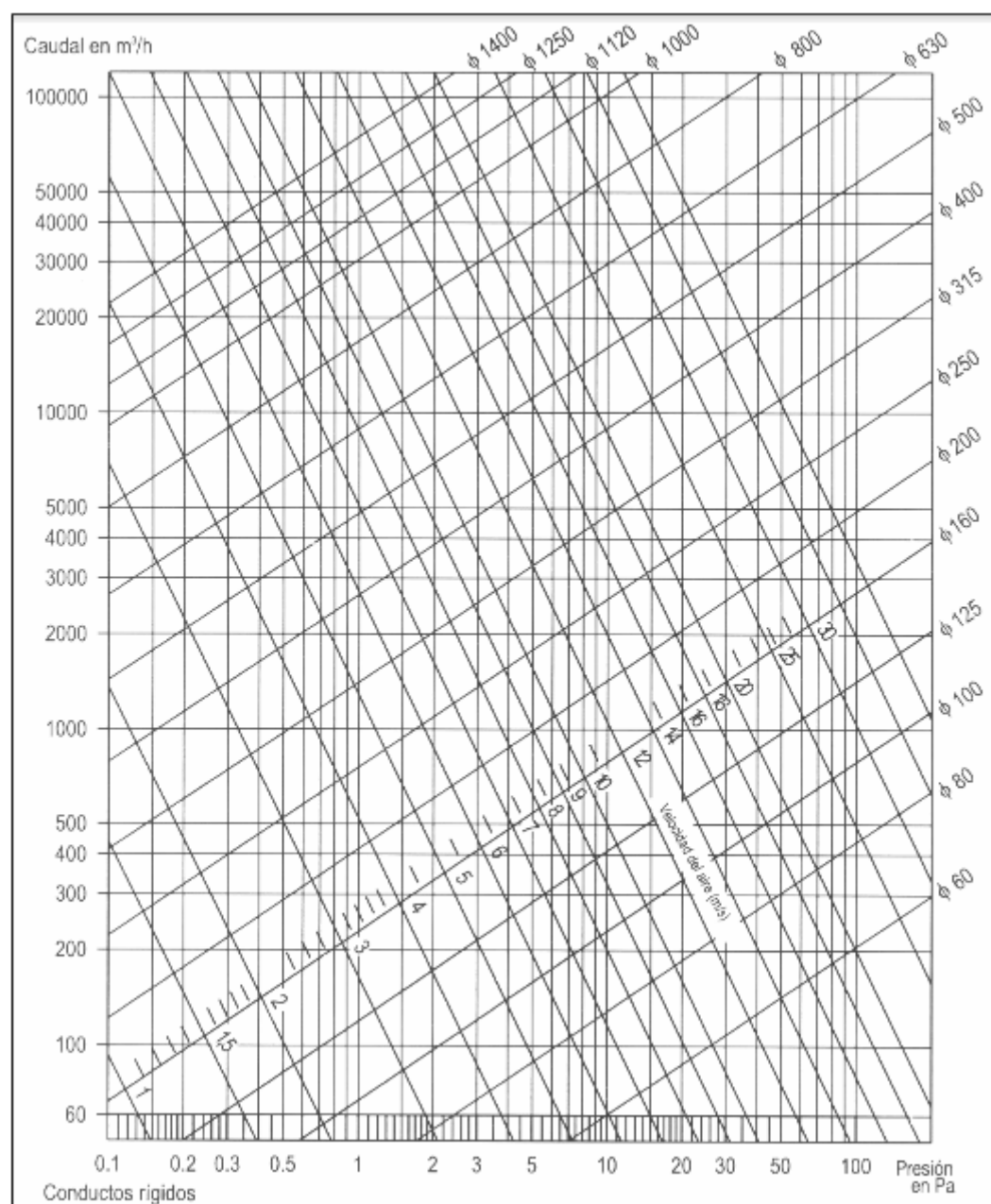


Ilustración 1. Diagrama Caudal frente a Presión para obtener el diámetro de las tuberías.

Cuando ya tenemos los diámetros equivalentes, se obtienen las dimensiones del conducto rectangular equivalente a ese diámetro con la ayuda de la siguiente tabla:



CHART: Circular diameter equivalent "D" to a rectangular with "A / B" sides. Corrected values
TABLA: Diámetro circular equivalente "D_e" a uno rectangular de lados "A / B". Valores corregidos

A/B	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
100	109																														
125	122	137																													
150	133	150	164																												
175	143	161	177	191																											
200	152	172	189	204	219																										
225	161	181	200	216	232	246																									
250	169	190	210	228	244	259	273																								
275	176	199	220	238	256	272	287	301																							
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328																						
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383																					
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437																				
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492																			
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547																		
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601																	
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656																
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711															
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765														
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820													
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875												
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984											
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093										
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146	1202									
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1196	1256	1312								
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	1244	1306	1365	1421							
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289	1354	1416	1475	1530						
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332	1400	1464	1526	1584	1640					
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749				
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858			
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968		
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077	
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186

UNE 100-230-95 chart based on the Huesbscher equation:
Tabla UNE 100-230-95 basada en la ecuación de Huesbscher:

$$D_e = 1.3 \frac{(A \times B)^{5/8}}{(A+B)^{1/4}}$$

Tabla 2. Diámetro circular equivalente a uno rectangular de lados A/B.

Los conductos se dimensionan manteniendo constante la pérdida de carga unitaria (por metro lineal) en toda la red aplicando este método.

Una vez que tenemos la velocidad del “conducto principal” que es el tramo que hay justo después del ventilador, con ayuda del gráfico anterior y teniendo como dato el caudal de aire, podemos conocer la pérdida de carga unitaria de ese tramo.

Para dimensionar toda la red, el valor que se ha obtenido se mantiene constante. Multiplicando la longitud total equivalente del circuito más desfavorable por la pérdida que se ha fijado anteriormente se puede obtener la caída de presión.

Para eliminar el exceso de presión y equilibrar la red se va a disponer de compuertas reguladoras en cada circuito.

El método de las distancias equivalentes se ha empleado para las pérdidas en los distintos accesorios como se ha mencionado anteriormente. Todos son codos de 90º y algunas contracciones del conducto.



La longitud equivalente de cada tramo debido a los accesorios que se pueden encontrar en el camino se ha calculado añadiendo un 50% de la longitud del tramo de conducto a la longitud total, en otras palabras, la longitud total del conducto se ha multiplicado por 1,5 para tener la longitud total del conducto.

Se puede ver el numerado de los tramos en los correspondientes planos de ventilación.

A continuación, se muestran las hojas completas de cálculo y dimensionado de las redes de conductos:

3.- HOJAS DE CÁLCULO PARA LAS REDES

3.1.- ZONA 1: PLANTA BAJA

Tramo	Long (m)	Q (m ³ /h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	25480	0,588	2,09	1000	1100	800	8,04
1_2	5,48	17590	0,588	3,22	1000	1100	800	5,55
2_3	7,22	2565	0,588	4,25	450	500	350	4,07
3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
3_5	5,21	1710	0,588	3,06	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
5_7	5,25	855	0,588	3,09	300	300	250	3,17
2_8	7,20	15025	0,588	4,24	900	1000	650	6,42
8_9	12,62	1785	0,588	7,42	400	450	300	3,67
9_10	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
9_11	13,38	1485	0,588	7,87	350	350	300	3,93
11_12	8,63	855	0,588	5,07	300	300	250	3,17
12_13	3,66	427,5	0,588	2,15	220	200	200	2,97
12_14	4,17	427,5	0,588	2,45	220	200	200	2,97
11_15	10,89	630	0,588	6,41	260	250	225	3,11
15_16	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
15_17	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
8_18	6,69	13240	0,588	3,94	900	1000	650	5,66
18_19	10,08	3600	0,588	5,93	550	650	400	3,85
19_20	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
19_21	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
20_23	9,36	1800	0,588	5,51	400	450	300	3,70
23_22	1,50	900	0,588	0,88	300	300	250	3,33
23_24	1,80	900	0,588	1,06	300	300	250	3,33
18_25	7,29	9640	0,588	4,29	800	900	600	4,96
25_26	9,45	7840	0,588	5,56	700	700	600	5,19



26_27	0,75	960	0,588	0,44	300	300	250	3,56
26_28	0,75	960	0,588	0,44	300	300	250	3,56
26_29	6,18	5880	0,588	3,64	600	550	550	5,40
29_30	1,05	980	0,588	0,62	300	300	250	3,63
29_31	1,50	980	0,588	0,88	300	300	250	3,63
29_32	6,44	3920	0,588	3,79	550	650	400	4,19
32_33	2,55	980	0,588	1,50	300	300	250	3,63
32_34	3,00	980	0,588	1,77	300	300	250	3,63
32_35	4,35	1960	0,588	2,56	400	450	300	4,03
35_36	3,00	980	0,588	1,77	300	300	250	3,63
35_37	3,30	980	0,588	1,94	300	300	250	3,63
25_64	7,38	1800	0,588	4,34	400	450	300	3,70
64_38	10,71	3600	0,588	6,30	550	650	400	3,85
38_39	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
38_40	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
38_41	9,45	1800	0,588	5,56	400	450	300	3,70
41_42	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
41_43	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
64_44	6,54	1800	0,588	3,85	400	450	300	3,70
44_45	23,55	525	0,588	13,86	260	250	225	2,59
45_46	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
45_47	6,15	225	0,588	3,62	180	175	150	2,38
47_48	6,81	90	0,588	4,01	120	125	100	2,00
47_49	8,70	135	0,588	5,12	160	175	125	1,71
44_50	1,20	2325	0,588	0,71	450	500	350	3,69
50_51	1,50	300	0,588	0,88	200	200	175	2,38
50_52	10,26	2625	0,588	6,04	500	550	400	3,31
52_53	8,15	2565	0,588	4,79	500	550	400	3,24
53_54	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
53_55	5,18	1710	0,588	3,04	400	450	300	3,52
55_56	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
55_57	6,00	855	0,588	3,53	300	300	250	3,17
52_58	7,41	5190	0,588	4,36	600	550	550	4,77
58_59	8,36	2700	0,588	4,92	500	550	400	3,41
59_60	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
59_61	5,15	1800	0,588	3,03	400	450	300	3,70
61_62	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
61_63	5,33	900	0,588	3,13	300	300	250	3,33
58_1	0,90	7890	0,588	0,53	700	700	600	5,22

Tabla 3. Hoja de cálculo para la planta baja.



Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 36,318 \text{ Pa}$$

3.2.- ZONA 2: PLANTA PRIMERA

Tramo	Long (m)	Q (m3/h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	22590	0,588	2,09	1000	1100	800	7,13
1_2	5,48	13530	0,588	3,22	900	1000	650	5,78
2_3	7,22	2565	0,588	4,25	450	500	350	4,07
3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
5_3	5,55	1710	0,588	3,27	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
5_7	5,25	855	0,588	3,09	300	300	250	3,17
2_8	7,20	10965	0,588	4,24	800	900	600	5,64
8_9	12,62	2550	0,588	7,42	450	500	350	4,05
9_10	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
9_11	13,38	2250	0,588	7,87	450	500	350	3,57
11_12	8,63	1620	0,588	5,07	400	450	300	3,33
12_13	6,00	607,5	0,588	3,53	260	250	225	3,00
12_14	6,15	405	0,588	3,62	220	200	200	2,81
12_15	0,75	607,5	0,588	0,44	260	250	225	3,00
11_16	10,89	630	0,588	6,41	260	250	225	3,11
16_17	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
16_18	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
8_19	6,69	8415	0,588	3,94	700	700	600	5,57
19_20	10,08	3600	0,588	5,93	550	650	400	3,85
20_21	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
20_22	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
20_23	9,36	1800	0,588	5,51	400	450	300	3,70
23_24	1,50	900	0,588	0,88	300	300	250	3,33
23_25	1,80	900	0,588	1,06	300	300	250	3,33
19_26	7,29	4815	0,588	4,29	600	550	550	4,42
26_27	8,55	3015	0,588	5,03	500	550	400	3,81
27_28	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
27_30	5,25	2010	0,588	3,09	400	450	300	4,14
30_29	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
30_31	5,36	1005	0,588	3,15	300	300	250	3,72
26_32	7,38	1800	0,588	4,34	400	450	300	3,70
32_33	10,71	3600	0,588	6,30	550	650	400	3,85
33_34	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
33_35	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33



33_36	9,45	1800	0,588	5,56	400	450	300	3,70
36_37	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
36_38	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
32_39	6,54	1800	0,588	3,85	400	450	300	3,70
39_40	23,55	1695	0,588	13,86	400	450	300	3,49
40_41	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
40_42	6,15	1395	0,588	3,62	350	350	300	3,69
42_43	6,81	540	0,588	4,01	240	275	175	3,12
42_44	8,70	855	0,588	5,12	300	300	250	3,17
44_45	0,75	427,5	0,588	0,44	220	200	200	2,97
44_46	0,75	427,5	0,588	0,44	220	200	200	2,97
39_47	1,20	3495	0,588	0,71	500	550	400	4,41
47_48	1,50	300	0,588	0,88	200	200	175	2,38
47_49	10,26	3795	0,588	6,04	550	650	400	4,05
49_50	8,15	2565	0,588	4,79	450	500	350	4,07
50_51	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
50_52	5,18	1710	0,588	3,04	400	450	300	3,52
52_53	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
52_54	6,00	855	0,588	3,53	300	300	250	3,17
49_55	7,41	6360	0,588	4,36	600	550	550	5,84
55_56	8,36	2700	0,588	4,92	500	550	400	3,41
56_57	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
56_58	5,15	1800	0,588	3,03	400	450	300	3,70
58_59	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
58_60	5,33	900	0,588	3,13	300	300	250	3,33
55_1	0,90	9060	0,588	0,53	800	900	600	4,66

Tabla 4. Hoja de cálculo para la planta primera

Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 31,605 \text{ Pa}$$

3.3.- ZONA 3: PLANTA SEGUNDA

Tramo	Long (m)	Q (m ³ /h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	22590	0,588	2,09	1000	1100	800	7,13
1_2	5,48	13530	0,588	3,22	900	1000	650	5,78
2_3	7,22	2565	0,588	4,25	450	500	350	4,07
3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
5_3	5,21	1710	0,588	3,06	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
5_7	5,25	855	0,588	3,09	300	300	250	3,17



2_8	7,20	10965	0,588	4,24	800	900	600	5,64
8_9	12,62	2550	0,588	7,42	450	500	350	4,05
9_10	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
9_11	13,38	2250	0,588	7,87	450	500	350	3,57
11_12	8,63	1620	0,588	5,07	400	450	300	3,33
12_13	2,33	810	0,588	1,37	300	300	250	3,00
13_14	0,75	405	0,588	0,44	220	200	200	2,81
13_15	4,83	405	0,588	2,84	220	200	200	2,81
12_16	1,43	810	0,588	0,84	300	300	250	3,00
16_17	0,75	405	0,588	0,44	220	200	200	2,81
16_18	4,86	405	0,588	2,86	220	200	200	2,81
11_19	10,89	630	0,588	6,41	260	250	225	3,11
19_20	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
19_21	1,50	315	0,588	0,88	200	200	175	2,50
8_22	6,69	8415	0,588	3,94	700	700	600	5,57
22_23	10,08	3600	0,588	5,93	550	650	400	3,85
23_25	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
23_24	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
23_26	9,36	1800	0,588	5,51	400	450	300	3,70
26_27	1,50	900	0,588	0,88	300	300	250	3,33
26_28	1,80	900	0,588	1,06	300	300	250	3,33
22_29	7,29	4815	0,588	4,29	600	550	550	4,42
29_31	8,55	3015	0,588	5,03	500	550	400	3,81
31_30	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
31_32	5,25	2010	0,588	3,09	400	450	300	4,14
32_33	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
32_34	5,36	1005	0,588	3,15	300	300	250	3,72
29_35	7,38	1800	0,588	4,34	400	450	300	3,70
35_36	10,71	3600	0,588	6,30	550	650	400	3,85
36_37	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
36_38	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
36_39	9,45	1800	0,588	5,56	400	450	300	3,70
39_40	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
39_41	1,05	900	0,588	0,62	300	300	250	3,33
35_42	6,54	1800	0,588	3,85	400	450	300	3,70
42_43	23,55	1695	0,588	13,86	400	450	300	3,49
43_44	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38
43_45	6,15	1395	0,588	3,62	350	350	300	3,69
45_46	7,61	540	0,588	4,47	260	250	225	2,67
46_47	2,10	855	0,588	1,24	300	300	250	3,17
46_48	1,20	427,5	0,588	0,71	220	200	200	2,97
45_49	8,70	427,5	0,588	5,12	220	200	200	2,97
49_50	0,75	3495	0,588	0,44	500	550	400	4,41
49_51	0,75	300	0,588	0,44	200	200	175	2,38



42_52	1,20	3495	0,588	0,71	500	550	400	4,41
52_53	1,50	300	0,588	0,88	200	200	175	2,38
52_54	10,26	3795	0,588	6,04	550	650	400	4,05
54_55	8,15	2565	0,588	4,79	450	500	350	4,07
55_56	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
55_57	5,18	1710	0,588	3,04	400	450	300	3,52
57_58	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
57_59	6,00	855	0,588	3,53	300	300	250	3,17
54_60	7,41	6360	0,588	4,36	600	550	550	5,84
60_61	8,36	2700	0,588	4,92	500	550	400	3,41
61_62	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
61_63	5,15	1800	0,588	3,03	400	450	300	3,70
63_64	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
63_65	5,33	900	0,588	3,13	300	300	250	3,33
60_1	0,90	9060	0,588	0,53	800	900	600	4,66

Tabla 5. Hoja de cálculo para planta segunda.

Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 36,759 \text{ Pa}$$

Las hojas de cálculo se han calculado con ayuda de Excel a partir del método de cálculo anteriormente explicado.

Las dimensiones de los conductos de retorno se explican en el ANEXO N°8.

Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara



ANEXO Nº 8

CONDUCTOS DE RETORNO



ÍNDICE DEL ANEXO Nº8: CONDUCTOS DE RETORNO

1.- DESCRIPCION DE LA RED DE CONDUCTOS.....	117
2.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS	117
3.- HOJAS DE CÁLCULO PARA LAS REDES.....	120
3.1.- ZONA 1: PLANTA BAJA	120
3.2.- ZONA 2: PLANTA PRIMERA	121
3.3.- ZONA 3: PLANTA SEGUNDA	123



1.- DESCRIPCION DE LA RED DE CONDUCTOS

La red de conductos del edificio se va a dividir en tres zonas independientes. Cada una de ellas se conecta a un recuperador de calor del aire de extracción, los cuales se sitúan en la cubierta del edificio. La distribución de la red de conductos de impulsión es la que se muestra a continuación:

ZONA	REJILLAS	LOCAL	CAUDAL EXTRACCIÓN (m ³ /h)	CAUDAL ext. RECUPERADOR (m ³ /h)
1	31	Planta Baja	25480	26000
2	28	Planta Primera	22590	26000
3	28	Planta Segunda	22590	26000

Tabla 1. Caudales de ventilación y recuperadores para las distintas zonas.

2.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS

Vamos a encontrar dos tipos de redes: la de impulsión y la de retorno. En la de impulsión, los conductos serán de chapa galvanizada con aislante exterior. La de retorno será igual, de chapa galvanizada pero no tendrá aislamiento. Se deberá cumplir la normativa vigente.

Las dos redes serán de baja velocidad, la velocidad de salida del recuperador será de 7m/s.

El método de cálculo que se ha utilizado ha sido el de “Pérdidas de Carga Constante”, y hemos empleado el método de las longitudes equivalentes para las pérdidas por accesorios y geometría de la instalación.

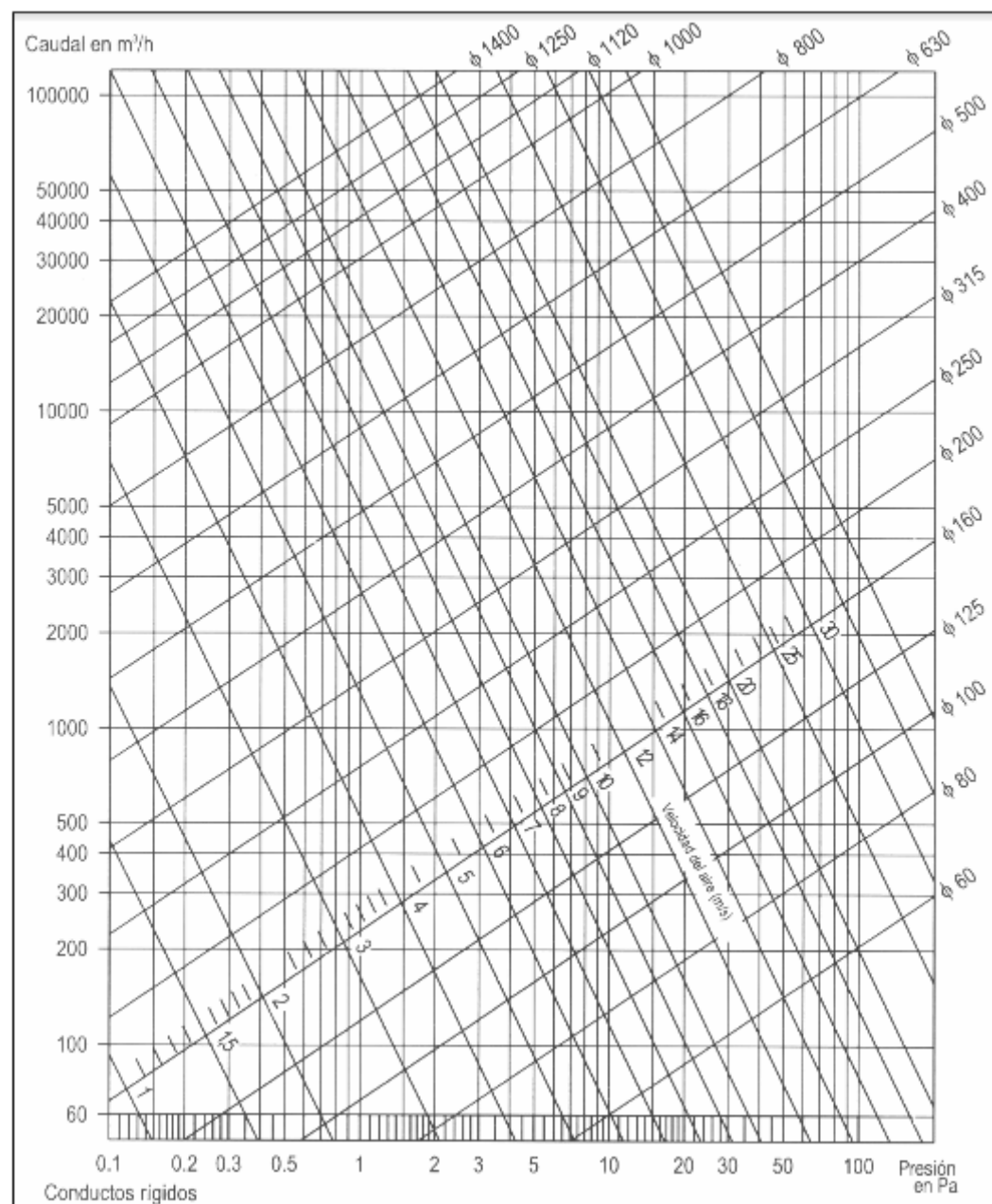


Ilustración 1. Diagrama Caudal frente a Presión para obtener el diámetro de las tuberías.

Cuando ya tenemos los diámetros equivalentes, se obtienen las dimensiones del conducto rectangular equivalente a ese diámetro con la ayuda de la siguiente tabla:



CHART: Circular diameter equivalent "D" to a rectangular with "A / B" sides. Corrected values
TABLA: Diámetro circular equivalente "D_c" a uno rectangular de lados "A / B". Valores corregidos

A/B	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
100	109																														
125	122	137																													
150	133	150	164																												
175	143	161	177	191																											
200	152	172	189	204	219																										
225	161	181	200	216	232	246																									
250	169	190	210	228	244	259	273																								
275	176	199	220	238	256	272	287	301																							
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328																						
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383																					
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437																				
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492																			
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547																		
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601																	
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656																
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711															
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765														
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820													
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875												
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984											
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1093										
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1146	1202									
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1196	1256	1312								
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	1244	1306	1365	1421							
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1289	1354	1416	1475	1530						
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1332	1400	1464	1526	1584	1640					
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749				
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858			
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968		
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077	
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186

UNE 100-230-95 chart based on the Huesbscher equation: $D_c = 1.3 \frac{(A \times B)^{5/8}}{(A+B)^{1/4}}$
 Tabla UNE 100-230-95 basada en la ecuación de Huesbscher:

Tabla 2. Diámetro circular equivalente a uno rectangular de lados A/B.

Los conductos se dimensionan manteniendo constante la pérdida de carga unitaria (por metro lineal) en toda la red aplicando este método.

Una vez que tenemos la velocidad del "conducto principal" que es el tramo que hay justo después del ventilador, con ayuda del gráfico anterior y teniendo como dato el caudal de aire, podemos conocer la pérdida de carga unitaria de ese tramo.

Para dimensionar toda la red, el valor que se ha obtenido se mantiene constante. Multiplicando la longitud total equivalente del circuito más desfavorable por la pérdida que se ha fijado anteriormente se puede obtener la caída de presión.

Para eliminar el exceso de presión y equilibrar la red se va a disponer de compuertas reguladoras en cada circuito.

El método de las distancias equivalentes se ha empleado para las pérdidas en los distintos accesorios como se ha mencionado anteriormente. Todos son codos de 90° y algunas contracciones del conducto.

La longitud equivalente de cada tramo debido a los accesorios que se pueden encontrar en el camino se ha calculado añadiendo un 50% de la longitud del tramo de conducto a la longitud total, en otras palabras, la longitud total del conducto se ha multiplicado por 1,5 para tener la longitud total del conducto.

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 8



Se puede ver el numerado de los tramos en los correspondientes planos de ventilación.

A continuación, se muestran las hojas completas de cálculo y dimensionado de las redes de conductos:

3.- HOJAS DE CÁLCULO PARA LAS REDES

3.1.- ZONA 1: PLANTA BAJA

Tramo	Long (m)	Q (m ³ /h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	25480	0,588	2,09	1000	1100	800	8,04
1_2	1,23	17740	0,588	0,72	1000	1000	650	7,58
2_3	5,21	2565	0,588	3,06	450	500	350	4,07
3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
3_6	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
6_7	5,55	855	0,588	3,27	300	300	250	3,17
2_8	8,46	15175	0,588	4,98	900	1000	650	6,49
8_9	2,49	1935	0,588	1,47	400	450	300	3,98
9_10	0,75	450	0,588	0,44	200	200	175	3,57
9_11	23,85	1485	0,588	14,03	350	350	300	3,93
11_12	2,55	855	0,588	1,50	300	300	250	3,17
11_13	11,75	630	0,588	6,91	260	250	225	3,11
8_14	8,34	13240	0,588	4,91	900	1000	650	5,66
14_15	6,89	3600	0,588	4,05	550	650	400	3,85
15_16	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_17	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_18	8,45	1800	0,588	4,97	400	450	300	3,70
18_19	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
18_20	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
14_21	8,27	9640	0,588	4,86	800	900	600	4,96
21_22	6,75	7840	0,588	3,97	700	700	600	5,19
22_23	0,75	980	0,588	0,44	300	300	250	3,63
22_24	0,75	980	0,588	0,44	300	300	250	3,63
22_25	6,24	5880	0,588	3,67	600	550	550	5,40
25_26	0,75	980	0,588	0,44	300	300	250	3,63
25_27	0,75	980	0,588	0,44	300	300	250	3,63
25_28	6,30	3920	0,588	3,71	550	650	400	4,19
28_29	1,05	980	0,588	0,62	300	300	250	3,63
28_30	1,05	980	0,588	0,62	300	300	250	3,63
28_31	6,02	1960	0,588	3,54	400	450	300	4,03
31_32	1,50	980	0,588	0,88	300	300	250	3,63



31_33	1,50	980	0,588	0,88	300	300	250	3,63
21_34	5,33	1800	0,588	3,13	400	450	300	3,70
34_35	6,63	3600	0,588	3,90	550	650	400	3,85
35_36	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_37	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_38	9,03	1800	0,588	5,31	400	450	300	3,70
38_39	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
38_40	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
34_41	9,26	1800	0,588	5,45	400	450	300	3,70
41_42	11,79	675	0,588	6,94	260	250	225	3,33
42_43	0,75	450	0,588	0,44	240	250	225	2,22
42_44	15,90	225	0,588	9,36	180	175	150	2,38
44_45	8,97	135	0,588	5,28	160	175	125	1,71
44_46	10,58	90	0,588	6,22	120	125	100	2,00
41_47	4,74	2475	0,588	2,79	450	500	350	3,93
47_48	5,94	2565	0,588	3,49	500	550	400	3,24
48_49	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
48_50	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52
50_51	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
50_52	5,70	855	0,588	3,35	300	300	250	3,17
47_53	7,01	5040	0,588	4,12	600	550	550	4,63
53_54	6,54	2700	0,588	3,85	500	550	400	3,41
54_55	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
54_56	4,97	1800	0,588	2,92	400	450	300	3,70
56_57	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
56_58	5,72	900	0,588	3,36	300	300	250	3,33
53_1	5,37	7740	0,588	3,16	700	700	600	5,12

Tabla 3. Hoja de cálculo para la planta baja.

Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 33,732 \text{ Pa}$$

3.2.- ZONA 2: PLANTA PRIMERA

Tramo	Long (m)	Q (m3/h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	22590	0,588	2,09	1000	1100	800	7,13
1_2	1,23	13680	0,588	0,72	900	1000	650	5,85
2_3	5,21	2565	0,588	3,06	450	500	350	4,07



3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
3_6	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
6_7	5,55	855	0,588	3,27	300	300	250	3,17
2_8	8,46	11115	0,588	4,98	800	900	600	5,72
8_9	2,49	2700	0,588	1,47	450	500	350	4,29
9_10	0,75	450	0,588	0,44	200	200	175	3,57
9_11	17,34	2250	0,588	10,20	450	500	350	3,57
11_12	2,55	405	0,588	1,50	220	200	200	2,81
11_27	5,78	1845	0,588	3,40	400	450	300	3,80
27_28	2,55	607,5	0,588	1,50	260	250	225	3,00
27_29	5,40	1237,5	0,588	3,18	350	350	300	3,27
29_30	2,55	607,5	0,588	1,50	260	250	225	3,00
13_29	7,05	630	0,588	4,15	260	250	225	3,11
8_14	8,34	8415	0,588	4,91	700	700	600	5,57
14_15	6,89	3600	0,588	4,05	550	650	400	3,85
15_16	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_17	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_18	8,45	1800	0,588	4,97	400	450	300	3,70
18_19	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
18_20	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
14_21	8,27	4815	0,588	4,86	600	550	550	4,42
21_23	6,54	3015	0,588	3,85	500	550	400	3,81
22_23	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
23_25	4,97	2010	0,588	2,92	400	450	300	4,14
24_25	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
25_26	5,72	1005	0,588	3,36	300	300	250	3,72
21_34	5,33	1800	0,588	3,13	400	450	300	3,70
34_35	6,63	3600	0,588	3,90	550	650	400	3,85
35_36	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_37	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_38	9,03	1800	0,588	5,31	400	450	300	3,70
38_39	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
38_40	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
34_41	9,26	1800	0,588	5,45	400	450	300	3,70
41_42	11,79	1845	0,588	6,94	400	450	300	3,80
42_43	0,75	450	0,588	0,44	200	200	175	3,57
42_44	15,90	1395	0,588	9,36	350	350	300	3,69
44_45	8,97	855	0,588	5,28	300	300	250	3,17
44_46	10,58	540	0,588	6,22	220	200	200	3,75
41_47	4,74	3645	0,588	2,79	500	550	400	4,60
47_48	5,94	2565	0,588	3,49	450	500	350	4,07
48_49	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
48_50	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52



50_51	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
50_52	5,70	855	0,588	3,35	300	300	250	3,17
47_53	7,01	6210	0,588	4,12	600	550	550	5,70
53_54	6,54	2700	0,588	3,85	500	550	400	3,41
54_55	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
54_56	4,97	1800	0,588	2,92	400	450	300	3,70
56_57	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
56_58	5,72	900	0,588	3,36	300	300	250	3,33
53_1	5,37	8910	0,588	3,16	800	900	600	4,58

Tabla 4. Hoja de cálculo para la planta primera

Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 33,732 \text{ Pa}$$

3.3.- ZONA 3: PLANTA SEGUNDA

Tramo	Long (m)	Q (m3/h)	ΔP (Pa/m)	ΔP (Pa)	Φ_e (mm)	b (mm)	h (mm)	c (m/s)
B-1	3,56	22590	0,588	2,09	1000	1100	800	7,13
1_2	1,23	13680	0,588	0,72	900	1000	650	5,85
2_3	5,21	2565	0,588	3,06	450	500	350	4,07
3_4	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
3_6	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52
5_6	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
6_7	5,55	855	0,588	3,27	300	300	250	3,17
2_8	8,46	11115	0,588	4,98	800	900	600	5,72
8_9	2,49	2700	0,588	1,47	450	500	350	4,29
9_10	0,75	450	0,588	0,44	200	200	175	3,57
9_11	17,34	2250	0,588	10,20	450	500	350	3,57
11_12	2,55	405	0,588	1,50	220	200	200	2,81
11_27	5,78	1845	0,588	3,40	400	450	300	3,80
27_28	2,55	607,5	0,588	1,50	260	250	225	3,00
27_29	5,40	1237,5	0,588	3,18	350	350	300	3,27
29_30	2,55	607,5	0,588	1,50	260	250	225	3,00
13_29	7,05	630	0,588	4,15	260	250	225	3,11
8_14	8,34	8415	0,588	4,91	700	700	600	5,57
14_15	6,89	3600	0,588	4,05	550	650	400	3,85
15_16	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_17	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
15_18	8,45	1800	0,588	4,97	400	450	300	3,70
18_19	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
18_20	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33



14_21	8,27	4815	0,588	4,86	600	550	550	4,42
21_23	6,54	3015	0,588	3,85	500	550	400	3,81
22_23	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
23_25	4,97	2010	0,588	2,92	400	450	300	4,14
24_25	0,75	1005	0,588	0,44	300	300	250	3,72
25_26	5,72	1005	0,588	3,36	300	300	250	3,72
21_34	5,33	1800	0,588	3,13	400	450	300	3,70
34_35	6,63	3600	0,588	3,90	550	650	400	3,85
35_36	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_37	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
35_38	9,03	1800	0,588	5,31	400	450	300	3,70
38_39	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
38_40	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
34_41	9,26	1800	0,588	5,45	400	450	300	3,70
41_42	11,79	1845	0,588	6,94	400	450	300	3,80
42_43	0,75	450	0,588	0,44	200	200	175	3,57
42_44	15,90	1395	0,588	9,36	350	350	300	3,69
44_45	8,97	855	0,588	5,28	300	300	250	3,17
44_46	10,58	540	0,588	6,22	220	200	200	3,75
41_47	4,74	3645	0,588	2,79	500	550	400	4,60
47_48	5,94	2565	0,588	3,49	450	500	350	4,07
48_49	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
48_50	5,40	1710	0,588	3,18	400	450	300	3,52
50_51	0,75	855	0,588	0,44	300	300	250	3,17
50_52	5,70	855	0,588	3,35	300	300	250	3,17
47_53	7,01	6210	0,588	4,12	600	550	550	5,70
53_54	6,54	2700	0,588	3,85	500	550	400	3,41
54_55	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
54_56	4,97	1800	0,588	2,92	400	450	300	3,70
56_57	0,75	900	0,588	0,44	300	300	250	3,33
56_58	5,72	900	0,588	3,36	300	300	250	3,33
53_1	5,37	8910	0,588	3,16	800	900	600	4,58

Tabla 5. Hoja de cálculo para planta segunda.

Las pérdidas que debe vencer el ventilador es la suma de las pérdidas del camino más desfavorable y son:

$$\Delta P = 33,732 \text{ Pa}$$

Las hojas de cálculo se han calculado con ayuda de Excel a partir del método de cálculo anteriormente explicado.

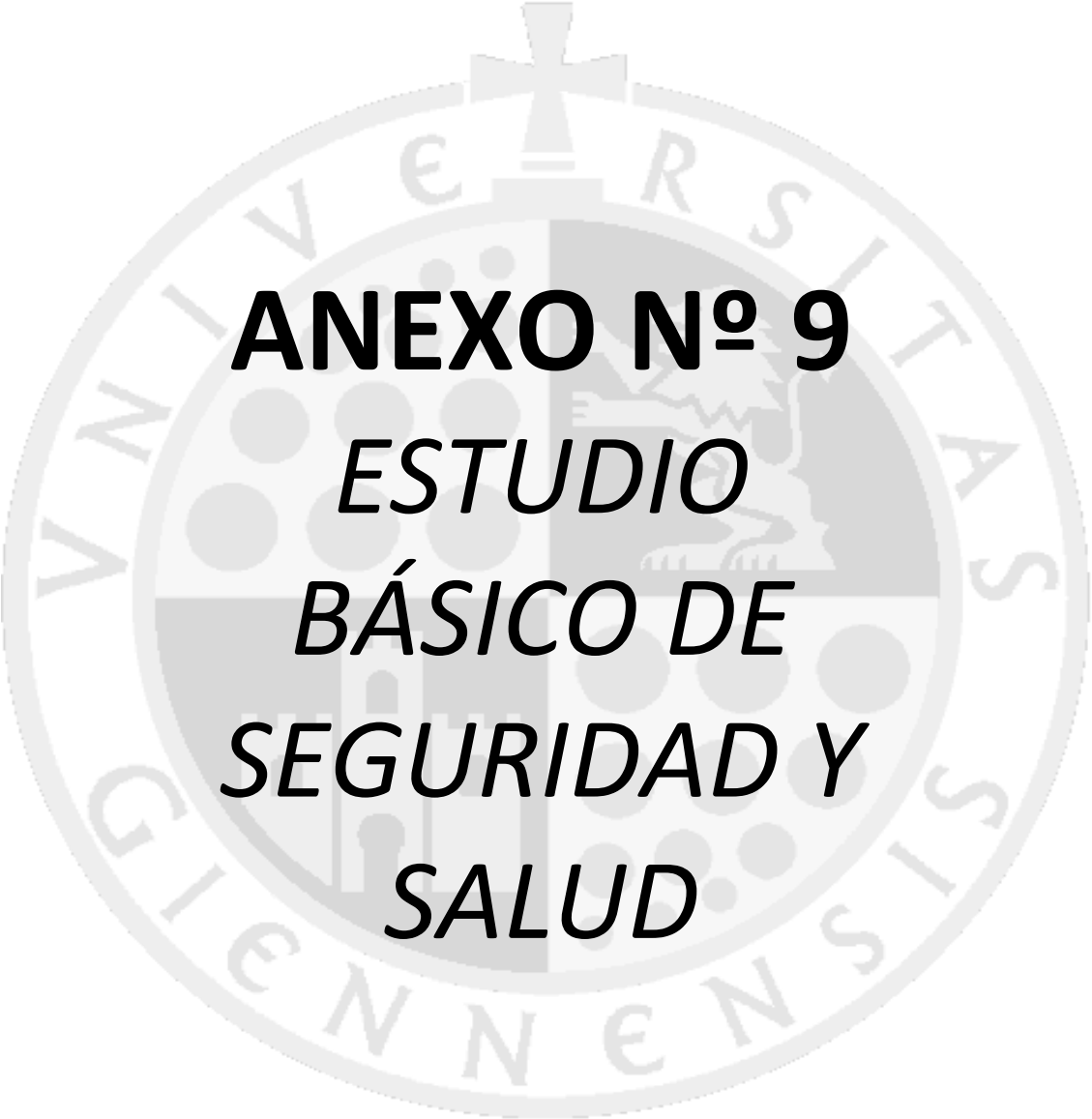


Jaén, septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA
Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 8



ANEXO Nº 9

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 9



Se adjunta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, como anexo al Proyecto de Ejecución, a efectos de dar cumplimiento al RD. 1627/1997, que en su art.4 nos dice:

1.- El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyecto de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 euros.
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2.- En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

EL INGENIERO INDUSTRIAL
REDACTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Fdo:
Fecha:

Enterado,
EL PROMOTOR

Fdo:

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 9



**INDICE DEL ANEXO Nº10
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

I.- MEMORIA DESCRIPTIVA

- 1.1. Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud
- 1.2. Ambito de aplicación
- 1.3. Legislación y normativa técnica de aplicación
- 1.4. Situación
- 1.5. Datos Generales
- 1.6. Servicios afectados, condiciones del entorno
- 1.7. Promotor
- 1.8. Autor del estudio básico de seguridad y salud
- 1.9. Presupuesto y plazo de ejecución de las obras
- 1.10. Número estimado de trabajadores y mano de obra empleada
- 1.11. Relación de elementos a utilizar
- 1.12. Relación de maquinaria a utilizar
- 1.13. Servicios sanitarios comunes

II.- RIESGOS LABORALES EVITABLES, MEDIDAS PREVENTIVAS

- 2.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que puedan ser evitados.
 - 2.1.1. Identificación de los riesgos laborales de carácter genérico más frecuentes y medidas preventivas a adoptar
 - 2.1.1.1.- Identificación de los riesgos
 - 2.1.1.2.-Medidas preventivas a adoptar
 - 2.1.2. Relación de las fases de obra e identificación de los riesgos laborales particulares a cada una de ellas y medidas preventivas

III.- RIESGOS LABORALES INEVITABLES, MEDIDAS PREVENTIVAS, PROTECCIONES Y EFICACIA DE LAS MISMAS

- 3.1.-Identificación de los riesgos laborales que no pueden ser evitados
- 3.2.-Medidas preventivas que palien los riesgos inevitables
- 3.3.- Eficacia de las medidas preventivas

ANEXO 1.- MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENÉRICO

ANEXOS: ANALISIS Y ESTUDIO DE LAS FASES DE OBRA E INSTALACIONES

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



CAPITULO I.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.-Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud laboral (en lo sucesivo E.B.S.S.), tiene por objeto cumplimentar las previsiones contenidas en el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen las DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS, presentándose como anejo al proyecto *Climatización de un teatro en Jaén*, con la descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse en la presente obra, así como con los sistemas de ejecución de las empresas subcontratadas, trabajadores autónomos, industriales y oficios que han de intervenir en dichos trabajos.

1.2. Ámbito de aplicación

La vigencia del Estudio de Seguridad y Salud se inicia desde la fecha en que se produzca el visado del proyecto base de ejecución por el Colegio Oficial Correspondiente y la aprobación expresa del Plan de Seguridad, por el Coordinador en materia de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la Obra, responsable de su control y seguimiento.

Su aplicación será vinculante para todo el personal propio de la empresa constructora, el dependiente de otras empresas subcontratadas por esta y los distintos trabajadores autónomos, para realizar sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

1.3.- Legislación y normativa técnica de aplicación

DISPOSICION	TITULO	ORGANO EMISOR	PUBLICACION
Ley 31 de 8-11-1995	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	Jefatura del Estado	BOE. núm. 269 de 10-11-1995
LEY 54/2003, de 12 de diciembre	DE REFORMA DEL MARCO NORMATIVO DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	Jefatura del Estado	BOE. núm.298 de 13-12-2003
R.D. 171/2004, de 30 de enero	POR EL QUE SE DESARROLLA EL ARTÍCULO 24 DE LA LEY 31/1995, DE 8 DE NOVIEMBRE, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, EN MATERIA DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE. núm.27 de 31-01-2004
	Corrección de errores.		BOE. núm.60 de 10-03-2004
R. Decreto 39/1997, de 17 de enero	POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN.	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE. núm. 27 de 31-01-1997
R. Decreto 780/1998, de 30 abril	MODIFICACION DEL R.D. 39/1977, DE 17 DE ENERO		BOE. núm.104 de 1-05-1998
R.Decreto 1627/1997 de 24 de octubre	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS. OBLIGACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD Ó DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	Ministerio de la Presidencia	BOE núm. 265 de 25-10-1997

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



	Deroga R. Decreto 555/1986 de 21 de febrero y parcialmente art. 1º R. Decreto 84/1990 de 19 de enero		
R. D. 604/2006, de 19 de mayo	POR EL QUE SE MODIFICAN EL R.D. 39/1997, DE 17 DE ENERO, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN, Y EL R.D. 1627/1997, DE 24 DE OCTUBRE, POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	Ministerio de Trabajos y Asuntos Sociales	BOE. núm.127 29-05-2006
R. Decreto 485/1997, de 14 de abril	DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE núm. 97 de 23-04-1997
R. Decreto 486/1997, de 14 de abril	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE núm. 97 de 23-04-1997
R. Decreto 487/1997, de 14 de abril	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS QUE ENTRAÑE RIESGOS PARA LOS TRABAJADORES	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE núm. 97 de 23-04-1997
R. Decreto 488/1997, de 14 de abril	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS AL TRABAJO CON EQUIPOS QUE INCLUYAN PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE núm. 97 de 23-04-1997
R. Decreto 773/1997, de 30 de mayo	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (TRANSPOSICIÓN DE LA DIRECTIVA 89/656/CEE, DE 30 DE NOVIEMBRE).	Ministerio de la Presidencia	BOE núm. 140 de 12-06-1997
	Corrección de errores		BOE núm. 171 de 18-07-1997
R. Decreto 1215/1997 de 18 de julio	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	Ministerio de la Presidencia	BOE núm. 188 de 07-08-1997
R.D. 2177/2004, de 12 de noviembre	POR EL QUE SE MODIFICA EL R.D. 1215/1997, DE 18 DE JULIO, POR EL QUE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO, EN MATERIA DE TRABAJOS TEMPORALES EN ALTURA		BOE. núm.274 de 13-11-2004
R. Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre	POR EL QUE SE REGULAN LAS CONDICIONES PARA LA COMERCIALIZACIÓN Y LIBRE CIRCULACIÓN INTRACOMUNITARIA DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm. 311 de 28-12-1992
	Rectificaciones		BOE. núm. 47 de 24-02-1993
R. Decreto 159/1995, de 3 de febrero	MODIFICACION DEL R. DECRETO 1407/1992.		BOE. núm. 57 de 08-03-1995
	Rectificaciones		BOE. núm. 69 de 22-03-1995
R. Decreto 1316/1989 de 27 de octubre	PROTECCION DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIBADOS DE EXPOSICION AL RUIDO	Mº Relaciones con las Cortes y de Secretaria del Gobierno	BOE. núm. 263 de 02-11-1989
	Rectificaciones		BOE. núm. 295 de 09-12-1989 BOE. núm. 126 de 26-05-1990
R. D. 286/2006, de 10 de marzo	SOBRE LA PROTECCION DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICION AL RUIDO.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm.60 de 11-03-2006
	Corrección de errores del R.D. 286/2006, de 10 de marzo		BOE. núm.62 de 14-03-2006
	Corrección de errores del R.D. 286/2006, de 10 de marzo		BOE. núm.71 de 24-03-2006
R. Decreto 664/1997, de 12 de mayo	PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO	Mº. de la Presidencia	BOE. núm. 124 de 24-05-1997
Orden de 25-03-1998	Adapta al progreso técnico el R.D. 664/1997	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE. núm. 76 de 30-03-1998
	Rectificaciones		BOE. núm. 90 de 15-04-1998

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



R. Decreto 374/2001 de 6 de abril	PROTECCIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO	M ^o . de la Presidencia	BOE. núm. 104 de 01-05-2001
	Corrección de erratas		BOE. núm. 129 de 30-05-2001
			BOE. núm. 149 de 22-6-2001
R. Decreto 614/2001, de 8 de junio	DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO	M ^o . de la Presidencia	BOE. núm. 148 de 21-6-2001
R.D. 349/2003, de 21 de marzo	POR EL QUE SE MODIFICA EL REAL DECRETO 665/1997, DE 12 DE MAYO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS DURANTE EL TRABAJO, Y POR EL QUE SE AMPLIA SU ÁMBITO DE APLICACIÓN A LOS AGENTES MUTÁGENOS.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm.82 de 5-04-2003
R.D. 681/2003, de 12 de junio	SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A LOS RIESGOS DERIVADOS DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN EL LUGAR DE TRABAJO	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm. 145 de 18-06-2003
Decreto 166/2005, De 12 de julio	POR EL QUE SE CREA EL REGISTRO DE COORDINADORES Y COORDINADORAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD, CON FORMACIÓN PREVENTIVA ESPECIALIZADA EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN, DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA.	Consejería de Empleo.	BOJA. núm.151 de 04-08-2005
Orden de 24-06-2005	POR LA QUE SE APRUEBA LA PUBLICACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA ANTE EL RIESGO DE ACCIDENTES EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA Y FERROCARRIL EN ANDALUCÍA	Consejería de Gobernación	BOJA. núm. 146 de 28-07-2005
R. D. 948/2005, de 29 de julio	POR EL QUE SE MODIFICA EL R.D. 1254/1999, DE 16 JULIO, POR EL QUE SE APRUEBAN MEDIDAS DE CONTROL DE LOS RIESGOS INHERENTES A LOS ACCIDENTES GRAVES EN LOS QUE INTERVENGAN SUSTANCIAS PELIGROSAS.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm.181 de 30-07-2005
R.D. 1311/2005 de 4 de noviembre	SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS O QUE PUEDAN DERIVARSE DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICA	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE. núm.265 de 5-11-2005
R. D. 396/2006, de 31 de marzo	POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LOS TRABAJOS CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm.86 de 11-04-2006
R. Decreto 84/1990 de 19 de enero	MODIFICACIONES arts. 1, 4, 6 y 8 del R.D 555/1996 sobre la obligatoriedad de la inclusión del Estudio de la Seguridad e Higiene en el Trabajo en proyectos de edificación y obras públicas	M ^o Relaciones con las Cortes y de Secretaría del Gobierno	BOE. núm. 22 de 25-01-1990
	Rectificaciones		BOE. núm. 38 de 13-02-1990
Orden de 31-10-1984	SEGURIDAD E HIGIENE EN TRABAJO. REGLAMENTO SOBRE TRABAJOS CON RIESGO POR AMIANTO.	M ^o . de Trabajo y Seguridad Social	BOE. núm. 267 de 07-11-1984
Orden de 7-01-1987	NORMAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO SOBRE TRABAJOS CON RIESGO DE AMIANTO.		BOE. núm. 13 de 15-01-1987
Orden de 26-07-1993	Modificación de los arts. 2º, 3º y 13 del Reglamento sobre trabajos con riesgo por amianto, aprobado por Orden 31-10-1984, y el art. 2º de la Orden 7-1-1987, que dicta normas complementarias del mismo.		BOE. núm. 186 de 05-08-1993
Orden de 9-03-71	ORDENANZA GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN TRABAJO Ver disposiciones derogatorias y transitorias de: Ley 31/95, R. Decreto 485/97, R. Decreto 486/97, R. Decreto 664/97, R. Decreto 665/97, R. Decreto 773/97 y R. Decreto 1215/97	M ^o . de Trabajo	BOE. núm. 64 de 16-03-1971
			BOE. núm. 65 de 17-03-1971
	Corrección de errores		BOE. núm. 82 de 06-04-1971

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Orden de 28-08-70	ORDENANZA DEL TRABAJO PARA LAS INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCIÓN, VIDRIO Y CERÁMICA (CAP.XVI)	Mº. de Trabajo	BOE. núm. 213 de 05-09-1970
	Rectificaciones		BOE. núm. 216 de 09-09-1970
Orden de 21-11-70	Interpretación de varios artículos de la ordenanza anterior		BOE. núm. 249 de 17-10-1970
Resolución 24-11-70	Interpretación de varios artículos de la ordenanza anterior	Dirección General del Trabajo	BOE. núm. 285 de 28-11-1970
Orden de 20-05-52	REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	Mº. de Trabajo	BOE. de 05-12-1970
Orden de 10-11-53	Modificación		BOE. núm. 167 de 15-06-1952
Orden de 23-09-66	Complemento		BOE. núm. 356 de 22-12-1953
			BOE. núm. 235 de 01-10-1966
Orden de 31-01-40	ANDAMIOS. CAPÍTULO VII DEL REGLAMENTO GENERAL SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE DE 1940. (ARTICULOS 66 A 74)	Mº. de Trabajo	BOE. núm. 34 de 03-02-1940
Orden de 26-08-40	NORMAS PARA LA ILUMINACIÓN DE LOS CENTROS DE TRABAJO	Mº. de Trabajo	BOE. núm. 242 de 29-08-1940
	CONVENIO COLECTIVO DE LA CONSTRUCCION.		
Orden 15-12-2003	POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICIOS PÚBLICOS DE USO ADMINISTRATIVO ANTE EL RIESGO DE INTRUSIÓN	Consejería de Gobernación	BOJA. núm.249 de 29-12-2003
Decreto 313/2003, de 11 de noviembre	POR EL QUE SE APRUEBA EL PLAN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN ANDALUCÍA	Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico	BOJA. núm. 22 de 03-02-2004
R. D. 179/2005, de 18 de febrero	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA GUARDIA CIVIL.	Ministerio de la Presidencia	BOE. núm.49 de 26-02-2005
R. D. 393/2007, de 23 de marzo	NORMA BÁSICA DE AUTOPROTECCIÓN DE LOS CENTROS, ESTABLECIMIENTOS Y DEPENDENCIAS DEDICADOS A ACTIVIDADES QUE PUEDAN DAR ORIGEN A SITUACIONES DE EMERGENCIA. DEROGA LA ORDEN DE 29 DE NOVIEMBRE DEL 1984, (MANUAL DE AUTOPROTECCIÓN, GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL PLAN DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS Y DE EVACUACIÓN EN LOCALES Y EDIFICIOS) IMPLICANDO QUE LOS MANUALES DE AUTOPROTECCIÓN SE DEBAN REDACTAR CONFORME AL ANEXO II DE ESTE REAL DECRETO. IGUALMENTE EN EL ANEXO I SE DESCRIBEN QUE ACTIVIDADES NECESITAN DE LA REALIZACIÓN DEL MANUAL DE AUTOPROTECCIÓN	Ministerio del Interior	BOE. núm.72 de 24-03-2007
R.D. 597/2007 de 4 de mayo	PUBLICACIÓN DE LAS SANCIONES POR INFRACCIONES MUY GRAVES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales	BOE. núm. 108 de 05-05-2007

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



R.D. 1371/2007, de 19 de octubre	POR EL QUE SE APRUEBA EL DOCUMENTO BÁSICO "DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO" DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y SE MODIFICA EL R.D. 314/2006, DE 17 DE MARZO, POR EL QUE SE APRUEBA EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Deroga: - RD 1909/1981 (NBE CA-81), RD 2115/1982 (NBE CA-82) y la Orden de 29-09-1988 (NBE CA-88). - Orden 31-05-1985 (Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción RY-85) - Orden 27-07-1988 (Pliego general de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción RL-88) - Orden 04-07-1990 (Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción RB-90) Régimen de aplicación: - Durante los 12 meses posteriores a la entrada en vigor de este real decreto, se podrá optar por aplicar la NBE CA-81, modificada por la NBE CA-82, y revisada por la NBE CA-88 ó las exigencias básicas desarrolladas en este DB-HR. Entrada en vigor: Al día siguiente de publicación en BOE.		BOE. núm.254 de 23-10-2007
-------------------------------------	--	--	----------------------------

R.D. 314/2006, de 17 de marzo	POR EL QUE SE APRUEBA EL CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION Y LAS EXIGENCIAS BÁSICAS DESARROLLADAS EN SUS DOCUMENTOS BÁSICOS. DB SI (SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO) DB SU (SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN) DB HE (AHORRO DE ENERGÍA) DB SE (SEGURIDAD ESTRUCTURAL): - DB-SE AE: Acciones en la Edificación - DB-SE C: Cimientos - DB-SE A: Acero - DB-SE F: Fábrica - DB-SE M: Madera DB HS (SALUBRIDAD) DB HR (PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO). Deroga: - Real Decreto 1650/1977 sobre Normativa de Edificación. - Real Decreto 2429/1979 NBE CT-79 - Real Decreto 1370/1988 NBE AE-88. - Real Decreto 1572/1990 NBE QB-90 y Orden de 5 de julio de 1996 por la que se actualiza el apéndice <<Normas UNE de referencia>> de la NBE QB-90. - Real Decreto 1723/1990 NBE FL-90. - Real Decreto 1829/1995 NBE EA-95. - Real Decreto 2177/1996 NBE CPI-96. - Orden de 9 de diciembre de 1975 <<Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua>>. - Artículos 2 al 9, ambos inclusive, y los artículos 20 a 23, ambos inclusive, excepto el apartado 2 del artículo 20 y el apartado 3 del artículo 22 del Real Decreto 2816/1982, del Reglamento General de Policía de Espectáculos y Actividades Recreativas.	Ministerio de Vivienda	BOE. núm.74 de 28-03-2006
----------------------------------	--	------------------------	---------------------------

R.D. 842/2002, de 2 de agosto	REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (ITC) BT 01 A BT 51 - Deroga: Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, sus instrucciones técnicas complementarias y todas las disposiciones que los desarrollan y modifican.	Mº. de Ciencia y Tecnología	BOE. núm.224 de 18-09-2002
----------------------------------	--	-----------------------------	----------------------------

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



R.Derecho 3151/1968 de 28 de noviembre	REGLAMENTO TÉCNICO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN	Mº. de Industria y Energía	BOE. núm. 311 de 27-12-1968
	Rectificaciones		BOE. núm. 58 de 08-03-1968
R.Derecho 3275/1982 de 12 de noviembre	CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	Mº. de Industria y Energía	BOE. núm. 288 de 01-12-1982
	Corrección de errores		BOE. núm. 15 de 18-01-1983
Orden de 06-07-84	Instrucciones Técnicas Complementarias "MIE-RAT" y actualizaciones		BOE. núm. 183 de 01-08-1984

Normas

Norma Básica de la Edificación:

Normas NTE que les sean de aplicación, según fase de obra.

Normas UNE que les sean de aplicación.

1.4. Situación

Calle: Ronda Marroquies

Municipio: Jaén

Provincia: Jaén

1.5. Datos Generales.

La obra objeto de este E.B.S.S. consiste en realizar los siguientes trabajos:

- Mediante la ejecución de las fases de obra antes citadas que, componen la parte técnica del proyecto al que se adjunta este E.B.S.S., se pretende la realización de la instalación de climatización en un teatro.

1.6. Servicios afectados y condiciones del entorno.

Suministro de agua, electricidad y red de saneamiento, si se afectan, o ninguno si no se afecta a alguno de ellos.

También se indicarán la orografía del solar, el tipo de terreno, climatología, proximidades a ríos, montañas, etc.

1.7. Promotor.

Nombre:

Dirección:

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Municipio:
Provincia: Jaén.

1.8. Autor del estudio básico de seguridad y salud

Nombre: Manuel Muñoz Sánchez
Dirección:
Municipio: Jaén
Provincia: Jaén

1.9. Presupuesto y Plazo de ejecución de las obras

El presupuesto de contrata de la obra está estimado en 250.928,51 €, siendo el plazo de ejecución del presente proyecto de 25 días, a partir de la fecha de firma del Acta de Replanteo o del inicio de las mismas.

1.10. Número estimado de trabajadores y mano de obra empleada

Se prevé la participación en la ejecución de los trabajos de 8 operarios, aproximadamente.

1.11. Relación de elementos a utilizar

Está previsto que se utilicen durante el transcurso de la obra la siguiente maquinaria, máquinas herramientas y herramientas:

Movimiento de tierras

- Martillo rompedor
- Retroexcavadora
- Pala cargadora
- Zanjadora continúa
- Camión cuba

Perforación

- Pilotadora por trépano rotatorio

Transporte horizontal

- Carretilla autotransportada, dumper pequeño.
- Cinta transportadora
- Camión basculante

Maquinaria para hormigones

- Bomba de hormigón hidráulica
- Central dosificadora

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Proyectora de mortero y hormigones
Vibrador de agujas
Regla vibradora

Maquinaria transformadora de energía
Motor eléctrico

Máquinas herramientas
Martillo neumático
Tronzadora de metal
Sierra de cinta
Pulidora

Herramientas
Eléctricas portátiles
Hidráulicas portátiles
De corte y soldadura de metales
Herramientas de mano

1.12. Implantaciones de salubridad y confort

La contrata principal, así como las empresas subcontratadas vinculadas contractualmente con ella, asume en primera instancia la dotación y mantenimiento de la implantación para albergar, en condiciones de salubridad y confort equivalentes, a la totalidad del personal que participe en esta obra.

El cargo de amortización, alquileres y limpieza, derivados de la dotación y equipamiento de estas instalaciones provisionales del personal en obra, se prorrateará por parte de la empresa constructora en función de las necesidades de utilización tanto del personal propio como del subcontratado en condiciones de una utilización no discriminatoria, funcional y digna.

El cálculo estimativo de las condiciones de utilización de este tipo de implantación provisional de obra será el siguiente:

Comedores colectivos:

- Se dotará cuando más de 10 trabajadores tomen su comida en la obra.
- Superficie aconsejable: 1,20 m por persona.
- Ventilación suficiente en verano y calefacción efectiva en invierno.
- Limpieza diaria realizada por persona fija.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



- Bancos corridos y mesas de superficie fácil de limpiar (hule, tablero fenólico o laminado).
- Dimensiones previstas: 0,65 m lineal por persona.
- Dotación de agua: Un grifo y fregadero por cada 10 usuarios del refectorio y un botijo por cada 5 productores.
- Plancha, hornillo o parrilla a gas, electricidad o de combustión de madera para calentar la comida, a razón de un punto de calor para cada 12 operarios.
- Recipiente hermético de 60 l de capacidad y escoba con recogedor para facilitar el acopio y retirada de desperdicios, por cada 20 productores.

Retretes:

- Estarán separados por sexos
- Situados en lugar aislado de los comedores y vestuarios.
- Limpieza diaria realizada por persona fija.
- Ventilación continua.
- Una placa turca o inodoro de taza alta cada 25 hombres o fracción.
- Un inodoro de taza alta cada 15 mujeres o fracción.
- Espacio mínimo por cabina de evacuación: 1,5 m x 2,3 m con puertas de ventilación inferior y superior.
- Equipamiento mínimo por cabina: papel higiénico, descarga automática de agua y conexión a la red de saneamiento o fosa séptica. Disponer de productos para garantizar la higiene y limpieza.

Vestuarios:

- Separados por sexos
- Superficie aconsejable: 1,25 m² por persona.
- Limpieza diaria realizada por persona fija.
- Ventilación suficiente en verano y calefacción efectiva en invierno.
- Útiles de limpieza: Serrín, escobas, recogedor, cubo de basura con tapa hermética, fregona y ambientador.
- Suelo liso y aislado térmicamente.
- Una taquilla guardarropa dotada de cierre individual mediante clave o llave y doble compartimento (separación del vestuario de trabajo y el de calle) y dos perchas por cada trabajador contratado o subcontratado directamente por la empresa constructora
- Bancos corridos o sillas.
- Una ducha por cada 10 trabajadores o fracción.
- Pileta corrida para el aseo personal: Un grifo por cada 10 usuarios.
- Jaboneras, portarrollos, toalleros, según el número de duchas y grifos.
- Un espejo de 40 x 50 cms mínimo, por cada 25 trabajadores o fracción.
- Rollos de papel, toalla o secadores automáticos.



- Instalaciones de agua caliente y fría.

1.13. Botiquín de Primeros Auxilios

Es obligatorio en todos los centros de trabajo.

Equipamiento mínimo aconsejable del armario botiquín:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles.
- Algodón hidrófilo.
- Venda.
- Esparadrapo.
- Apósitos adhesivos.
- Tijeras.
- Pinzas
- Guantes desechables.

CAPITULO II.- RIESGOS LABORABLES EVITABLES, MEDIDAS PREVENTIVAS

2.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que puedan ser evitados

El análisis con detenimiento de la obra nos permitirá conocer y evaluar los distintos riesgos laborales a que están expuestos los trabajadores, este análisis nos conducirá a poder adoptar en la obra un proceso de actuación preventiva, estableciendo las condiciones de seguridad óptimas que garanticen la integridad de los trabajadores no solo físicamente sino en el más amplio concepto de salud laboral.

Es por tanto premisa previa indispensable esta identificación de los riesgos laborales en las obras para afrontar con éxito los compromisos mediante los cuales la empresa constructora desarrollará desde el punto de vista preventivo cada una de las distintas actuaciones constructivas contempladas en el Estudio de Seguridad y Salud para esta obra.

Esta evaluación inicial de riesgos, que su vez viene contemplada en la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Profesionales, tendrá a efectos reales, el carácter de NORMA DE SEGURIDAD de obligado cumplimiento en el interior del recinto de la obra, por lo que viene a

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



representar en la práctica un Plan Específico de Seguridad para cada actividad o fase constructiva que intervenga en el proceso de realización de éste proyecto.

La evaluación e identificación de los riesgos laborales, establece, divulga e impone para esta obra, una serie de medidas preventivas y determina el comportamiento que se debe seguir o al que se deben ajustar las operaciones y la forma de actuación del trabajador y sus compañeros en cada uno de los tajos, comportamiento este extensivo a todas las empresas contratadas directa o indirectamente para esta obra por la empresa constructora principal

La evaluación inicial de riesgos elaborada en el Estudio de Seguridad y Salud, es solamente un documento informativo y genérico de los riesgos a que están expuestos los trabajadores, el posterior Plan de Seguridad y Salud elaborado por la empresa constructora y adaptado a las posibilidades de la misma, tendrá el carácter de verdadera Evaluación Inicial de Riesgos laborales que hace mención la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

2.1.1. Identificación de los riesgos laborales de carácter genérico más frecuentes y medidas preventivas a adoptar

2.1.1.1.- Identificación de los riesgos

- Caída de operarios a mismo nivel. (Tránsito por la obra)
- Caída de operarios a distinto nivel (Andamios, escaleras de mano, huecos, etc.)
- Caída de objetos sobre operarios en manipulación de los mismos
- Caída de objetos sobre operarios (Trabajos a distintos niveles.)
- Choques o golpes contra objetos móviles
- Choques o golpes contra objetos inmóviles
- Atrapamientos
- Aplastamientos
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Proyección de partículas a ojos
- Cortes en manos y pies por objetos o herramientas
- Pisadas sobre objetos cortantes o punzantes
- Atropello de vehículos

2.1.1.2.-Medidas preventivas a adoptar

Las medidas preventivas a adoptar con carácter general en una obra están encaminadas a ofrecer una protección colectiva y eliminar los riesgos detectados, por tanto, con carácter general, en la obra se adoptarán las medidas preventivas señaladas en el **Anexo 1 adjunto** y que le sean de aplicación.

2.1.2. Relación de las fases de obra e identificación de los riesgos laborales particulares a cada una de ellas y medidas preventivas

Esta obra la estudiaremos dividida en las siguientes fases de obra, que serán objeto de estudio detallado en **anejos independientes**:

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



- 1) Demolición mecánica
- 2) Desbroce mecánico
- 3) Desbroce manual
- 4) Demolición especial
- 5) Demolición manual
- 6) Excavación manual
- 7) Excavación mecánica
- 8) Excavación a cielo abierto
- 9) Hormigonado con bomba
- 10) Hormigonado directo
- 11) Muros pantalla
- 12) Pilotaje
- 13) Tablestacas
- 14) Taludes
- 15) Hormigonado de cimientos con cubilote
- 16) Encofrado de pilares
- 17) Encofrado de jácnas y vigas
- 18) Encofrado de forjados y losas
- 19) Ferrallado de muros y pantallas
- 20) Ferrallado de soportes y pilares
- 21) Ferrallado de forjados y losas
- 22) Estructura metálica.- Cerchas y correas
- 23) Forjados de viguetas y bovedillas
- 24) Consolidación de terrenos
- 25) Entibaciones
- 26) Estructura metálica
- 27) Estructura de hormigón armado, cubilote
- 28) Estructura de hormigón armado, bomba
- 29) Zunchos perimetrales y jácnas
- 30) Forjados de viguetas y vobedillas
- 31) Albañilería
- 32) Carpintería metálica
- 33) Carpintería de madera
- 34) Muros cortina
- 35) Persianas.
- 36) Aplacados
- 37) Alicatados
- 38) Pintura
- 39) Falsos techos
- 40) Formación de cubiertas
- 41) Cubiertas de tejas
- 42) Cubiertas de placas
- 43) Solados
- 44) Fontanería y bajantes
- 45) Saneamientos
- 46) Calefacción

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



- 47) Aire acondicionado
- 48) Instalaciones de Gas
- 49) Instalaciones eléctricas
- 50) Iluminación
- 51) Ascensores
- 52) Antenas
- 53) Montaje de líneas eléctricas en alta tensión
- 54) Parques de maquinaria
- 55) Plantas de aglomerado asfáltico

CAPITULO III.- RIESGOS LABORABLES QUE NO PUEDEN SER EVITADOS.- MEDIDAS PREVENTIVAS. PROTECCIONES Y EFICACIA DE LAS MISMAS

3.1. Identificación de los riesgos laborales que no pueden ser evitados

Existe la máxima de seguridad que dice “Se ha de proteger la obra de forma que el trabajador este protegido, hasta el punto de que aunque quiera accidentarse, no pueda”.

Esta norma es claramente una quimera, pues en la práctica, por muy bien protegida que tengamos la obra y por muy bien estudiado y puesta en marcha que este el Plan de Seguridad de una obra, siempre habrá una multitud de causas que pueden originar un accidente. Bien conocido por todos es la gran movilidad que existe en una obra, llegado el caso de decirse que una obra es un ser vivo, que crece día a día y que está en continua evolución.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Es por esto por lo que intentar llegar a la protección integral total es prácticamente imposible. Por ello se ha de prever una serie de riesgos de carácter inevitables, los cuales hemos de intentar minimizar fundamentalmente con equipos de protección personal, prendas estas que por si solas son claramente insuficientes pero que junto a los sistemas de protección colectiva hacen y logran una protección integral, mejorable con la propia evolución de la obra, pero que pueden ser considerado como el único realmente viable y constatable.

Entre estos riesgos inevitables, cabe destacar:

- Lumbalgias por sobreesfuerzos
- Contaminaciones acústicas
- Lesiones por exposición a vibraciones
- Contactos eléctricos
- Ambientes pulvígenos
- Vuelcos de maquinaria o vehículos
- Cuerpos extraños en ojos
- Contactos con sustancias corrosivas
- Dermatitis por contacto
- Caída de materiales en proceso de manipulación
- Caída de materiales por desplome
- Golpes o cortes con herramientas y/o materiales
- Pisadas sobre objetos punzantes
- Inhalación de sustancias tóxicas
- Caída de operarios a mismo nivel
- Caída de operarios a distinto nivel, por/en/desde:
 - Zanjas
 - Pozos
 - Escaleras fijas o móviles
 - Huecos de forjado
 - Huecos de fachada
 - Hundimiento de plataformas de trabajo
 - Andamios
 - Pasarelas
 - Etc.

3.2. Medidas preventivas que palien los riesgos inevitables

Las medidas preventivas que palien los efectos de los riesgos inevitables son tan diversas como fases de obra estemos ejecutando, así hemos de tener en cuenta:

- Talud natural del terreno
- Entibaciones
- Limpieza
- Apuntalamientos
- Redes
- Mallazos
- Pasos o pasarelas
- Iluminación adecuada

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



- Carcasas o resguardos de máquinas
- Protección de escaleras
- Sistemas de evacuación de escombros
- Limpieza de zona de trabajo
- Plataformas de descarga de materiales
- Caminos de circulación
- Andamios de seguridad
- Barandillas
- Etc.

También se ha de tener en cuenta que aunque todos estos sistemas de seguridad estén correctamente ejecutados, hemos de prever el fallo y por tanto se ha de tener en cuenta la protección individual con el único fin de minimizar las consecuencias que puede originar un accidente de trabajo.

Por ello se ha de dotar a los trabajadores de las prendas de protección o equipos de protección individual que sean imprescindibles y que ello no sea en detrimento de la protección colectiva, única arma eficaz de combatir con cierto rigor técnico y eficaz la lacra de los accidentes en las obras de construcción, entre estas prendas tenemos:

- Casco de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Gafas de seguridad
- Mascarilla de filtro mecánico
- Mascarillas de filtros químicos
- Guantes de lona y piel
- Protectores auditivos
- Cinturón de seguridad
- Cinturón antivibratorio
- Ropa de trabajo
- Traje de agua
- Pantallas de soldador
- Herramientas aislantes
- Etc.

3.3. Eficacia de las medidas preventivas

La eficacia de las medidas preventivas de los riesgos inevitables, no se puede evaluar de forma independientemente de las de los riesgos evitables, ya que partiremos de la base de que todos los riesgos han de ser evitados, por lo que evaluaremos la eficacia de las medidas adoptadas cuando o bien no se produzcan accidentes, en cuyo caso presumiremos que las mismas han sido eficaces, o por el contrario en la fatal consecución de un accidente, en la que una vez analizado el mismo adoptaremos las medidas pertinentes para que no pueda originarse nuevamente.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



ANEXO 1.- MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENÉRICO

PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS Y OBJETOS

Redes de seguridad

Paños de dimensiones ajustadas al hueco a proteger, de poliamida de alta tenacidad, con luz de malla 7,5 x 7,5 cm, diámetro de hilo 4 mm y cuerda de recercado perimetral de 12 mm de diámetro, de conformidad a norma UNE 81- 650 - 80.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Pescantes de sustentación de redes en fachadas

Horcas metálicas comerciales, homologadas o certificadas por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, constituidas por un mástil vertical (de 8 m de longitud generalmente) coronado por un brazo acartelado (de 2 m de voladizo generalmente), confeccionado con tubo rectangular en chapa de acero de 3mm de espesor y 5 x 10 cm de sección, protegido anticorrosión y pintado por inmersión.

El conjunto del sistema queda constituido por paños de red de seguridad según norma UNE 81-650-80, colocadas con su lado menor (7 m) emplazado verticalmente, cubriendo la previsible parábola de caída de personas u objetos desde el forjado superior de trabajo y cuerdas de izado y ligazón entre paños también de poliamida de alta tenacidad de 10 mm de diámetro, enanos de anclaje y embolsamiento inferior del paño confeccionados con "caliqueños" de redondo corrugado de 8 mm de diámetro, embebidos en el canto del forjado y distanciados 50 cm entre sí; cajetines sobre el forjado u omegas de redondo corrugado de 12 mm de diámetro, situadas en voladizo y en el canto del forjado para el paso y bloqueo del mástil del pescante, sólidamente afianzados todos sus elementos entre sí, capaz de resistir todo el conjunto la retención puntual de un objeto de 100 kg. de peso, desprendido desde una altura de 6 m por encima de la zona de embolsamiento, a una velocidad de 2 m/seg.

Montaje

Deberá instalarse este sistema de red cuando se tengan realizados la solera de planta baja y un forjado.

Una vez colocada la horca, se instalará un pasador en el extremo inferior para evitar que el brazo pueda girar en sentido horizontal.

Ciclo normal de utilización y desmontaje

Los movimientos posteriores de elevación de la red a las distintas plantas de la obra, se ejecutarán siguiendo los movimientos realizados en la primera. El desmontaje se efectúa siguiendo el ciclo inverso al montaje. Tanto en el primer caso como en el segundo, los operarios deberán estar protegidos contra las caídas de altura mediante protecciones colectivas, cuando por el proceso de montaje y desmontaje las redes pierdan la función de protección colectiva.

NOTA: El sistema tradicional de protección de mástiles y redes puede ser sustituido, si así se ha previsto en el Proyecto, por pasarelas perimetrales en voladizo, tipo consola o ménsulas de soporte para redes horizontales. En cualquiera de los sistemas de protección colectiva contra caídas de altura que se adopte será preceptiva la homologación o certificación de idoneidad expedido por el fabricante.

Condena de huecos horizontales con mallazo

Confeccionada con mallazo electrosoldado de redondo de diámetro mínimo 3 mm y tamaño máximo de retícula de 100 x 100 mm, embebido perimetralmente en el zuncho de hormigón, capaz de garantizar una resistencia $> 1.500 \text{ N/m}^2$ (150 Kg/m²).

Marquesinas rígidas

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Apantallamiento en previsión de caídas de objetos, compuesto de una estructura de soporte generalmente metálica en forma de ménsula o pies derechos, cuajada horizontalmente de tablonos durmientes de reparto y tableros, capaces de retener, sin colapsarse, un objeto de 100 Kg de peso, desprendido desde una altura de 20 m, a una velocidad inicial de 2 m/s

Plataforma de carga y descarga

La carga y descarga de materiales se realizará mediante el empleo de plataformas metálicas en voladizo. Estas plataformas deberán reunir las características siguientes:

Muelle de descarga industrial de estructura metálica, emplazable en voladizo, sobresaliendo de los huecos verticales de fachada, de unos 2,5 m² de superficie.

Dotado de barandilla de seguridad de 1 m de altura en sus dos laterales y cadena de acceso y tope de retención de medios auxiliares desplazables mediante ruedas en la parte frontal.

El piso de chapa industrial lagrimeada de 3mm de espesor, estará emplazada al mismo nivel del forjado de trabajo sin rampas ni escalones de discontinuidad.

Podrá disponer opcionalmente de trampilla practicable para permitir el paso del cable de la grúa torre si se opta por colocar todas las plataformas bajo la misma vertical.

El conjunto deberá ser capaz de soportar descargas de 2.000 Kg/m² y deberán tener como mínimo un certificado de idoneidad, resistencia portante y estabilidad, garantizado por el fabricante, si se siguen sus instrucciones de montaje y utilización.

Barandillas de protección

Antepechos provisionales de cerramiento de huecos verticales y perímetro de plataformas de trabajo, susceptibles de permitir la caída de personas u objetos desde una altura superior a 2 m, constituidos por balaustre, rodapié de 20 cm de altura, travesaño intermedio y pasamanos superior, de 1 m de altura, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal suficiente.

Andamios apoyados en el suelo, de estructura tubular

Previamente a su montaje se habrán de examinar en obra que todos su elementos no tengan defectos apreciables a simple vista, calculando con un coeficiente de seguridad igual o superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje, estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esta tarea, y estará autorizado para ello por el Responsable Técnico del Contratista Principal a pie de obra o persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra.

En el andamio de sujeción por pernos no se deberá aplicar a los mismos un par de apriete superior al fijado por el fabricante, a fin de no sobrepasar el límite elástico del acero restando rigidez al nudo.

Se comprobará especialmente que los módulos de base queden perfectamente nivelados, tanto en sentido transversal como longitudinal. El apoyo de las bases de los montantes se realizará sobre durmientes de tablones, carriles (perfiles en "U") u otro procedimiento que reparta uniformemente la carga del andamio sobre el suelo.

Durante el montaje se comprobará que todos los elementos verticales y horizontales del andamio estén unidos entre sí y arriostrados con las diagonales correspondientes.

Se comprobará durante el montaje la verticalidad de los montantes. La longitud máxima de los montantes para soportar cargas comprendidas entre 125 Kg/m², no será superior a 2.00 m

Para soportar cargas inferiores a 125 kg/m², la longitud máxima de los montantes será de 2,30 m

Se comprobará durante el montaje la horizontalidad entre largueros. La distancia vertical máxima entre largueros consecutivos no será superior a 2 m

Los montantes y largueros estarán grapados sólidamente a la estructura, tanto horizontal como verticalmente, cada 3 m como mínimo. Únicamente pueden instalarse aisladamente los andamios de estructura tubular cuando la plataforma de trabajo esté a una altura no superior a cuatro veces el lado más pequeño de su base.

En el andamio de pórticos, se respetará escrupulosamente las zonas destinadas a albergar las zancas interiores de escaleras así como las trampillas de acceso al interior de las plataformas. En el caso de tratarse de algún modelo antiguo, carente de escaleras interiores, se dispondrá lateralmente y adosada, una torre de escaleras completamente equipada, o en último extremo una escalera "de gato" adosada al montante del andamio, equipada con aros salvacaidas o sirga de amarre tensada verticalmente para anclaje del dispositivo de deslizamiento y retención del cinturón anticaídas de los operarios.

Las plataformas de trabajo serán las normalizadas por el fabricante para sus andamios y no se depositarán cargas sobre los mismos salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

Quedará un pasaje mínimo de 0,60 m libre de todo obstáculo (anchura mínima de la plataforma con carga 0,80 m).

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



El peso sobre la plataforma de los materiales, máquina, herramientas y personas, será inferior a la carga de trabajo prevista por el fabricante.

Reparto uniforme de cargas, sin provocar desequilibrios.

La barandilla perimetral dispondrá de todas las características reglamentarias de seguridad enunciadas anteriormente.

El piso de la plataforma de trabajo sobre los andamios tubulares de pórtico, será la normalizada por el fabricante. En aquellos casos que excepcionalmente se tengan que realizar la plataforma con madera, esta será escuadrada con tabloncillos sanos, sin nudos y sin pintar y ofrecerá una resistencia suficiente para el objeto a que se destina.

Bajo las plataformas de trabajo se señalará o balizará adecuadamente la zona prevista de caída de materiales u objetos.

Se inspeccionará semanalmente el conjunto de los elementos que componen el andamio, así como después de un período de mal tiempo, heladas o interrupción importante de los trabajos.

No se permitirá trabajar en los andamios sobre ruedas, sin la previa inmovilización de las mismas, ni desplazarlos con persona alguna o material sobre la plataforma de trabajo.

El espacio horizontal entre un paramento vertical y la plataforma de trabajo, no podrá ser superior a 0,30 m, distancia que se asegurará mediante el anclaje adecuado de la plataforma de trabajo al paramento vertical. Excepcionalmente la barandilla interior del lado del paramento vertical podrá tener en este caso 0,60 m de altura como mínimo.

Las pasarelas o rampas de intercomunicación entre plataformas de trabajo tendrán las características enunciadas más adelante.

Andamio de Borriquetas

Previamente a su montaje se habrá de examinar en obra que todos los elementos de los andamios no tengan defectos apreciables a simple vista, y después de su montaje se comprobará que su coeficiente de seguridad sea igual ó superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esta tarea, y estará autorizado para ello por el responsable técnico de la ejecución material de la obra ó persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra.

No se permitirá, bajo ningún concepto, la instalación de este tipo de andamios, de forma que queden superpuestos en doble hilera ó sobre andamio tubular con ruedas.



Se asentarán sobre bases firmes niveladas y arriostradas, en previsión de empujes laterales, y su altura no rebasará sin arriostrar los 3 m, y entre 3 y 6 m se emplearán borriquetas armadas de bastidores móviles arriostrados.

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidas con barandillas de 1 m de altura, equipadas con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal de suficiente resistencia.

Andamios colgados móviles

NOTA : Su empleo debe ser restringido al máximo.

Los sistemas de sujeción, soportes, cables, mecanismos de elevación y plataformas de trabajo, deben estar avalados por algún organismo de certificación nacional o extranjero de solvencia técnica contrastada.

Se seguirán las instrucciones de montaje conforme a las especificaciones del fabricante, quedando prohibido intercambiar elementos entre sistemas y efectuar lastrados con materiales fungibles o inestables.

Los pescantes no deben contrapesarse de no ser homologados por el fabricante e instalados conforme a sus instrucciones de montaje. Por regla general, se anclarán al forjado mediante pernos roscados y piezas metálicas (en los forjados unidireccionales deberán abarcar tres viguetas), o bien redondos embutidos en el forjado que abracen la cola del pescante, provistos de tetones soldados para impedir el deslizamiento del cable portante.

Es básico en éste tipo de andamiaje el que se efectúen revisiones antes de su empleo, principalmente en lo que se refiere a los cables de sustentación de la plataforma y el mecanismo de elevación de la misma.

El aparejo deberá disponer de los siguientes sistemas de seguridad:

- Trinquete de retención que actúa sobre el mecanismo interior, impidiendo su descenso.
- Trinquete que evita a la manivela girar en el sentido de descenso, a no ser que se accione intencionadamente el embrague.
- Freno de expansión accionado por el propio peso del andamio.
- Dispositivo de guías interiores para los cables, impidiendo que éstos se traben.

Se rechazarán todos los cables en los que se encuentren más del 10 % de hilos rotos, asimismo éstos estarán siempre libres de nudos, torceduras, "jaulas" u otros defectos.

Se deberá efectuar periódicamente (máximo 1 año) el desmontaje para la limpieza y cambio de piezas si fuera necesario, del mecanismo de elevación.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Se someterán siempre a una prueba a plena carga uniformemente repartida del doble a la que se prevea vaya a soportar, durante 24 horas a 1 m del suelo, manteniendo horizontalmente la andamiada. Para trabajos habituales comúnmente utilizados, ésta carga viene a ser de 500 kg.

Si los módulos de andamio se unen entre sí, la máxima longitud horizontal de la andamiada no superará en ningún caso 8 m. Es decir, si los módulos son de 2,65 m de longitud, no sobrepasarán las tres unidades.

En todo caso, la unión de andamios se efectuará mediante dispositivos de seguridad o trinquetes dispuestos en los puntos de articulación que rigidicen la andamiada en caso de rotura de cables o aparejos.

Al montar la andamiada se dispondrán en los extremos liras extremas, y en los intermedios liras intermedias, que permitan el paso de los operarios.

Efectuar la operación de ascenso y descenso con tantos operarios como mecanismos de elevación existan, para que de esta forma, la plataforma ascienda o descienda asegurando en todo momento su horizontalidad.

La plataforma deberá permanecer horizontal durante los trabajos.

No sobrecargar las plataformas de trabajo con materiales u otros elementos.

Se controlará el buen estado de la superficie de tránsito de la plataforma, no debiéndose pintar si ésta es de madera salvo con barnices transparentes, para evitar que queden ocultos posibles defectos.

En andamios colgados aislados así como en los módulos de esquina y retranqueo, se añadirán verticales y paralelos a los cables de suspensión, otros segundos cables que quedarán en su parte superior amarrados sólidamente a la estructura pero en lugar diferente a los pescantes de los cables de suspensión, equipados con dispositivos tipo "seguricable" fijado al andamio con independencia del aparejo de elevación y descenso. Este sistema es el único que garantiza la estabilidad de la plataforma en caso de fallo o rotura de los elementos de sustentación.

Los operarios que trabajen sobre éstos andamios deben utilizar cinturón de seguridad anticaídas (dotados de arnés tipo paracaidista), que sujetarán a puntos fijos de la estructura o a sirga de seguridad dotada de nudo de seguridad deslizante y autoestrangulable al entrar en carga, o dispositivo de deslizamiento y anclaje anticaídas, suspendida y amarrada a un punto fijo de la estructura del edificio, situado por encima de la plataforma de trabajo. Esta medida de seguridad, aconsejable para todo trabajo en altura sobre plataformas móviles, será rigurosamente obligatoria en tajos sobre andamios colgantes aislados y módulos esquineros que carezcan del segundo cable de seguridad y dispositivo "seguricable" perfectamente instalado.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Cargas

No se depositarán cargas sobre las plataformas de los andamios de borriquetas, salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

Debe quedar un paso mínimo de 0,40 m libre de todo obstáculo.

El peso sobre la plataforma no superará a la prevista por el fabricante, y deberá repartirse uniformemente para no provocar desequilibrio.

La barandilla perimetral estará equipada con rodapiés de 0,20 m de altura.

Tanto en su montaje como durante su utilización normal, estarán alejadas más de 5 m de la línea de alta tensión más próxima, ó 3 m en baja tensión.

Características de las tablas ó tablones que constituyen las plataformas:

- Madera de buena calidad, sin grietas ni nudos: Será de elección preferente el abeto sobre el pino.
- Escuadra de espesor uniforme y no inferior a 2,4 x 15 cm.
- No pueden montar entre sí formando escalones.
- No pueden volar más de cuatro veces su propio espesor, máximo 0,20 cm.
- Estarán sujetos por lías a las borriquetas.

Estará prohibido el uso de ésta clase de andamios cuando la superficie de trabajo se encuentre a más de 6 m de altura del punto de apoyo en el suelo de la borriqueta.

A partir de 2 m de altura habrá que instalar barandilla perimetral completa ó, en su defecto, será obligatorio el empleo de cinturón de seguridad de sujeción, para el que obligatoriamente se habrán previsto puntos fijos de enganche, preferentemente sirgas de cable de acero tensas.

Plataformas de trabajo

Durante la realización de los trabajos, las plataformas de madera tradicionales deberán reunir las siguientes características:

- Anchura mínima 60 cm (tres tablones de 20 cm de ancho).
- La madera deberá ser de buena calidad sin grietas ni nudos. Será elección preferente el abeto sobre el pino.
- Escudría de espesor uniforme sin alabeos y no inferior a 7 cm de canto (5 cm si se trata de abeto).
- Longitud máxima entre apoyos de tablones 2,50 m.
- Los elementos de madera no pueden montar entre si formando escalones ni sobresalir en forma de llatas, de la superficie lisa de paso sobre las plataformas.



- No puede volar más de cuatro veces su propio espesor (máximo 20 cm), únicamente rebasarán esta distancia cuando tenga que volar 0.60 m, como mínimo de la arista vertical en los ángulos formados por paramentos verticales de la obra.
- Estarán sujetos por lías o sargentos a la estructura portante.

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidas con barandillas de 1 m de altura, equipada con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal de 150 kg./ml.

Altura mínima a partir del nivel del suelo

La distancia entre el pavimento y plataforma será tal, que evite la caída de los operarios. En el caso de que no se pueda cubrir el espacio entre la plataforma y el pavimento, se habrá de cubrir el nivel inferior, sin que en ningún caso supere una altura de 2.00 m.

Para acceder a las plataformas, se instalarán medios seguros. Las escaleras de mano que comuniquen los diferentes pisos del andamio habrán de salvar cada una la altura de dos pisos seguidos. La distancia que han de salvar no sobrepasará 2.00 m.

Pasarelas

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre huecos, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Serán preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnalda de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

- Su anchura útil mínima será de 0,80 m.
- Dispondrá de barandillas completas a alturas de acceso con diferencias de nivel superiores a 2 m
- Inclinación máxima admisible: 25 %.
- La nivelación transversal debe estar garantizada.
- Su superficie debe ser lisa y antideslizante.

Protecciones y resguardos en máquinas

Toda la maquinaria utilizada durante la fase de obra objeto de éste procedimiento, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso

Escaleras portátiles

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera, en función a la tarea a que esté destinado.

Las escaleras de mano deberán de reunir las necesarias garantías de solidez, estabilidad y seguridad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas. Como mínimo deberán reunir las siguientes condiciones:

- Largueros de una sola pieza.
- Peldaños bien ensamblados, no clavados.
- En las de madera el elemento protector será transparente.
- Las bases de los montantes estarán provistas de zapatas, puntas de hierro, grapas u otro mecanismo antideslizante. Y de ganchos de sujeción en la parte superior.
- Espacio igual entre peldaños y distanciados entre 25 y 35 cm Su anchura mínima será de 50 cm
- En las metálicas los peldaños estarán bien embrochados o soldados a los montantes.
- Las escaleras de mano nunca se apoyarán sobre materiales sueltos, sino sobre superficies planas y resistentes.
- Se apoyarán sobre los montantes.
- El ascenso y descenso se efectuará siempre frente a las mismas.
- Si la escalera no puede amarrarse a la estructura, se precisará un operario auxiliar en su base.

En las inmediaciones de líneas eléctricas se mantendrán las distancias de seguridad. Alta tensión: 5 m. Baja tensión: 3 m.

Las escaleras de tijeras estarán provistas de cadenas ó cables que impidan su abertura al ser utilizadas, así como topes en su extremo superior.

Escaleras de mano de un solo cuerpo

No deberán salvar más de 5 m de altura, a no ser que estén reforzadas, siempre se acuerdo con las condiciones y limitaciones establecidas por el fabricante.

La inclinación de la escalera apoyada deberá estar en torno a los 75 grados.

Los dos montantes deben reposar en el punto superior de apoyo y estar sólidamente fijados a él.

La parte superior de los montantes debe sobrepasar en un metro su punto superior de apoyo.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Escaleras de mano telescópicas:

- Dispondrán como máximo de dos tramos de prolongación, además del de base, cuya longitud máxima total del conjunto no superará los 12 m.
- Estarán equipadas con dispositivos de enclavamiento y correderas que permitan fijar la longitud de la escalera en cualquier posición, de forma que coincidan siempre los peldaños sin formar dobles escalones.
- La anchura de su base no podrá ser nunca inferior a 75 cm, siendo aconsejable el empleo de estabilizadores laterales que amplíen esta distancia.

Cuerda de retenida

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente la trayectoria de los equipos, en su aproximación a la zona de colocación o acopio, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 mm de diámetro, como mínimo.

Aparatos elevadores (Grúas torre)

Básicamente deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos de reglaje durante su utilización:

- Traslación.
- Momento de vuelco.
- Carga máxima.
- Final de recorrido de gancho de elevación.
- Final de recorrido de carro.
- Final de recorrido de orientación.
- Anemómetro.
- Seguridad eléctrica de sobrecarga.
- Puenteado para paso de simple a doble reenvío.
- Seguridades físicas para casos especiales.
- Seguridades físicas de los medios auxiliares accesorios para el transporte y elevación de cargas.

Seguridad de traslación

Se coloca en la parte inferior de la grúa torre, adosada a la base y consiste normalmente en un microrruptor tipo "lira" o similar, que al ser accionado por un resbalón colocado en ambos extremos de la vía, detiene la traslación de la grúa en el sentido deseado y permite que se traslade en sentido opuesto. Los resbalones se colocan como mínimo 1 m antes de los topes de la vía y éstos un metro antes del final del carril, de esta forma queda asegurada eléctrica y mecánicamente la parada correcta de la traslación de la grúa.

Seguridad de momento de vuelco

Es la medida preventiva más importante de la grúa, dado que impide el trabajar con cargas y distancias que pongan en peligro la estabilidad de la grúa.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



En las grúas torre normales, la seguridad de momento consiste en una barra situada en alguna zona de la grúa que trabaje a tracción (p.e. atado de tirante) y que dicha tracción sea proporcional al momento de vuelco de la carga. En las grúas autodesplegables, éste dispositivo de seguridad va colocado en el tirante posterior. En ambos casos, se gradúa la seguridad de tal forma que no corte con la carga nominal en punta de flecha e impide los movimientos de "elevación y carro adelante", al sobrecargar por encima de la carga nominal en punta de flecha.

En grúas de gran tamaño, puede ser interesante el disponer de dos sistemas de seguridad antivuelco, graduados para carga en punta y en pie de flecha, por variación de sensibilidad. A su vez, el sistema de seguridad puede ser de una etapa (o corte directo) o de tres etapas con aviso previo (bocina, luz y corte).

Seguridad de carga máxima

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabrestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo "Schnrr", accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la ELEVACION de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia ADELANTE. Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.

Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descensor del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Seguridad de final de recorrido de carro

Impide que el carro se traslade más adelante o más atrás que los puntos deseados en ambos extremos de la flecha. Su actuación se realiza mediante un reductor que acciona dos levas excéntricas que actúan sobre dos microrruptores, que cortan el movimiento ADELANTE en punta de flecha y ATRAS en pie de flecha.

Como complemento, y más hacia los extremos, se encuentran los topes elásticos del carro que impiden que éste se salga de las guías, aunque fallen los dispositivos de seguridad.

Seguridad de final de recorrido de orientación

Este sistema de seguridad es de sumo interés cuando se hace preciso regular el campo de trabajo de la grúa en su zona de orientación de barrido horizontal(p.e. en presencia de obstáculos

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



tales como edificios u otras grúas). Normalmente consiste en una rueda dentada accionada por la corona y que a través de un reductor, acciona unas levas que actúan sobre los correspondientes microrruptores.

Funciona siempre con un equipo limitador de orientación, que impide que la grúa de siempre vueltas en el mismo sentido. El campo de reglaje es de 1/4 de vuelta a 4 vueltas y permite que la "columna montante" del cable eléctrico no se deteriore por torsión.

En las grúas con cabestraste en mástil o "parte fija" ayuda a la buena conservación del cable de elevación.

Anemómetro

Sirve para avisar y detener la grúa cuando la velocidad del viento sobrepasa determinados valores. Se taran normalmente para avisar (bocina) entre 40/50 Km/h y para parar la grúa entre 50/60 Km/h.

Consiste en un anemómetro provisto de 2 microrruptores colocados de forma que su accionamiento se efectúe a las velocidades previstas.

Debe colocarse en los lugares de la grúa más expuestos a la acción del viento (p.e. en punta de torreta).

Seguridades eléctricas de sobrecarga

Sirven para proteger los motores de elevación de varias velocidades, impidiendo que se puedan elevar las cargas pesadas a velocidades no previstas. Para ello, existe un contactor auxiliar que sólo permite pasar por ejemplo de 2ª a 3ª velocidad, cuando la carga en 2ª da un valor en Amperios menor al predeterminado. Este sistema de seguridad suele ser independiente de los relés térmicos.

Normas de carácter general

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.



En las fases de transporte y colocación de las armaduras, en ningún momento los operarios estarán debajo de la carga suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas ó ganchos con pestillo de seguridad.

El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los limitadores de giro, si los tuviera.

Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra.

Se seguirán las siguientes normas de seguridad.

- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se realizarán tiros sesgados.
- No deben ser accionados manualmente los contactores e inversores del armario eléctrico de la grúa. En caso de avería deberá ser subsanado por personal especializado.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.
- Nunca se dará más de una vuelta a la orientación en el mismo sentido, para evitar el retorcimiento del cable de elevación.
- Cuando existan zonas del centro de trabajo que no queden dentro del campo de visión del gruista, será asistido por uno o varios trabajadores que darán las señales adecuadas para la correcta carga, desplazamiento y parada.
- Al terminar el trabajo se dejará desconectada la grúa y se pondrá la pluma en veleta. Si la grúa es sobre raíles se sujetará mediante las correspondientes mordazas.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

Eslingas de cadena

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5% de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

Eslinga de cable

A la carga nominal máxima se le aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar; las gatas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces el diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

Cable "de llamada"

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Seguricable paralelo e independiente al principal de izado y sustentación de las cestas sobre las que tenga que trabajar el personal: Variables según los fabricantes y los dispositivos de afianzamiento y bloqueo utilizados.

Adecuación del tajo en el lugar de carga

Establecer un canal de entrada y salida de las unidades de acopio y evacuación de materiales en general

Establecer un ritmo de trabajo que evite las acumulaciones.

Trabajar desde la cota superior hacia la inferior para aprovechar la fuerza de la gravedad.

Caída de objetos

Se evitará el paso de persona bajo las cargas suspendidas en todo caso se acotarán las áreas de trabajo.

Las parrillas de armaduras empleadas para la realización de muros pantalla se colgarán para su transporte por medio de vigas de reparto o eslingas de brazos múltiples para asegurar el izado sin tensiones, bien eslingadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

El izado de los materiales alargados, se realizará manteniendo la horizontalidad de los mismos. Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza

Las aperturas de huecos horizontales, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo "seta" o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

En verano, proceder al regado previo de las zonas de paso y de trabajo que puedan originar polvareda durante el trasiego de armaduras.

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Se establecerá una zona de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar de almacenamiento y acopio de materiales inflamables y combustibles (gasolina, gasoil, aceites, grasas, etc.) en lugar seguro fuera de la zona de influencia de los trabajos.

La distancia mínima entre las partes móviles más salientes de la maquinaria empleada para el preformado, acopios de armaduras y alcance de las mismas, y los obstáculos verticales más próximos, será de 70 cm en horizontal y 2,50 m en altura en los obstáculos horizontales para evitar alcances a personas.

Protección de personas contra contactos eléctricos

La instalación eléctrica estará ajustada al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión avalada por instalador homologado.

Cables adecuados a la carga que han de soportar, conexiónados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindadas e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque.

Fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 78 Ohmios. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente estarán provistas de neutro con enclavamiento y serán blindadas.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas a instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados, interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Los cables eléctricos que presenten defectos de recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión: $3,3 + \text{tensión (en KV)}/100$.

Tajos en condiciones de humedad muy elevada: es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

Prevención de incendios, orden y limpieza

Junto a los acopios de materiales combustibles, en oficinas y almacenes, se dispondrá de unos extintores adecuados en número y capacidad al riesgo de incendio de la zona.

El grupo electrógeno tendrá en sus inmediaciones un extintor con agente seco o producto halogenado para combatir incendios. Como es obvio, no se debe utilizar jamás agua o espumas, para combatir conatos de incendio en grupos electrógenos o instalaciones eléctricas en general.



Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto a la zona de aparcamiento de maquinaria en general.

Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo

Establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo.

Estará terminantemente prohibido colocar focos para alumbrado reposando sobre las armaduras.

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, redes, mallazo o ménsula que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.

Se efectuarán apuntalamientos cuando los encofrados no tengan garantías de estabilidad durante la fase de colocación de armaduras. Se ejecutarán recalces cuando el comportamiento de la cimentación contigua o el terreno inestable contiguo a la zona de armado lo exija.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos de conformación y montaje de armaduras y las zonas de circulación de peatones, máquinas o vehículos, se ordenarán y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.

Señalización de seguridad

El Real Decreto 485/97 de 14 de Abril, BOE de 23/4/97 establece un conjunto de preceptos sobre dimensiones, colores, símbolos, formas de señales y conjuntos que proporcionan una determinada información relativa a la seguridad.

Señales de prohibición

Forma:	Círculo
Color de seguridad:	Rojo
Color de contraste:	Blanco
Color de Símbolo:	Negro

Señales de indicación de peligro

Forma:	Triángulo equilátero
Color de seguridad:	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de símbolo:	Negro

Señales de información de seguridad

Forma:	Rectangular
--------	-------------

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



Color de seguridad:	Verde
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señales de obligación

Forma:	Circulo
Color de seguridad:	Azul
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señales de información

Forma:	Rectangular
Color de seguridad:	Azul
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señalización y localización equipos contra incendios

Forma:	Rectangular
Color de seguridad:	Rojo
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Dimensiones

Las dimensiones de las señales serán las siguientes:

La superficie de la señal, S (m^2), ha de ser tal que $S > L^2/2000$, siendo L la distancia máxima en (m) de observación prevista para una señal (formula aplicable para $L < 50$ m).

En general se adoptarán los valores normalizados por UNE 175, serie A.

Las señales de seguridad pueden ser complementadas por letreros preventivos auxiliares que contienen un texto proporcionando información complementaria. Se utiliza conjuntamente con la señal normalizada de seguridad. Son de forma rectangular, con la misma dimensión máxima de la señal que acompañan, y colocadas debajo de ellas.

Este tipo de señales se encuentran en el mercado en diferentes soportes (plásticos, aluminio, etc.) y en distintas calidades y tipos de acabado (reflectante, fotoluminescente, etc.).

Cinta de señalización y de delimitación de zona de trabajo

CARMEN RUBIO LARA

ANEXO 9

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén



En caso de señalizar obstáculos, zonas de caída de objetos, se delimitará con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinándose 60º con la horizontal.

La intrusión en el tajo de personas ajenas a la actividad representa un riesgo que al no poderse eliminar se debe señalizar mediante cintas en color rojo o con bandas alternadas verticales en colores rojo y blanco que delimiten la zona de trabajo.

Señales óptico acústicas de vehículos de obra

Las máquinas autoportantes que ocasionalmente puedan intervenir en la evacuación de materiales de la excavación manual deberá disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizador 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 preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destellantes, etc.).

Iluminación

Se atenderá a lo dispuesto por el R.D. 486/1.997

Zonas de paso: 50 lux

Zonas de trabajo: 200 lux

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

Portátiles manuales de alumbrado eléctrico: 24 voltios.

Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

ANEXOS: ANALISIS Y ESTUDIO DE LAS FASES DE OBRA E INSTALACIONES.

(Ver documentos que se acompañan)



Jaén, Septiembre 2022

Carmen Rubio Lara

CARMEN RUBIO LARA

Grado en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Jaén

ANEXO 9