



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

El proyecto propuesto tendrá como fin dejar planteado, diseñado y definido el sistema de climatización, ventilación, fontanería, gas natural, agua caliente sanitaria y saneamiento de un edificio destinado a un restaurante de 400m2.

Se incluye el dimensionamiento de conductos, rejillas, tuberías y máquinas de aporte energético. El edificio se encuentra en la localidad de Alcira (Valencia) y tiene un aforo proyectado de 122 comensales. El proyecto seguirá la normativa del RITE y el CTE.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

- Memoria
- Presupuesto
- Planos

MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objeto del trabajo	1
1.2	Antecedentes	1
1.3	Normativa aplicable	2
1.4	Descripción del edificio	2
1.4.1	Uso del edificio	2
1.4.2	Ocupación máxima según CTE-SI	3
1.4.3	Número de plantas y uso de las distintas dependencias	3
1.4.4	Superficies y volúmenes de las distintas dependencias	4
1.4.5	Localización, orientación y edificios colindantes	5
1.4.6	Horario de apertura y cierre	6
1.4.7	Descripción de los cerramientos arquitectónicos	6
2.	DISEÑO INSTALACIÓN CLIMA	8
2.1	Descripción de la instalación	8
2.1.1	Locales sin climatizar	8
2.1.2	Horario de funcionamiento	8
2.1.3	Sistema de instalación elegido	9
2.1.4	Calidad del aire interior	10
2.1.5	Calidad del aire exterior (ODA)	11
2.1.6	Sistemas ahorro energético	11
2.2	Elementos integrantes de la instalación	11
2.2.1	Unidades terminales	11
2.3.2.1	Rejillas Impulsión	11
2.3.2.2	Rejillas de Extracción	12
2.3.2.3	Rejillas extracción	12
2.2.2	Sistemas de renovación del aire	13
2.2.3	Unidades de tratamiento de aire (UTAs)	13
2.2.4	Sistemas de control automático	14
2.3	Descripción de los sistemas de transporte de fluidos caloportadores	14
2.3.1	Redes de distribución de aire	14
2.4.1.1	Climatización	14
2.4.1.2	Ventilación	14
2.4.1.3	Extracción cocina	15
2.4	Sala de máquinas	15
3.	CÁLCULO INSTALACIÓN CLIMA	16
3.1	Condiciones ambientales	16

3.1.1	Condiciones interiores de cálculo	16
3.1.2	Condiciones exteriores de cálculo	16
3.2	Caudales de aire interior (tomado del exterior) mínimo de ventilación.	17
3.3	Cargas térmicas	18
3.3.1	Cargas equipos Cocina y Barra	19
3.3.2	Resumen cargas	20
3.4	Cálculo redes de caudales de aire	22
3.4.1	Características del fluido	22
3.4.2	Parámetros de diseño	23
3.4.3	Cálculo Caudal Extracción cocina	27
3.4.4	Cálculo de caudales terminales individuales	30
3.4.4.1	Impulsión	30
3.4.4.2	Retorno	31
3.4.4.3	Ventilación	32
3.5	Dimensionado de Conductos	33
3.5.1	Conductos Impulsión	34
3.5.2	Conductos Ventilación	36
3.5.3	Conductos Retorno	36
3.5.4	Conducto extracción cocina	37
3.6	Equilibrado de la red de impulsión	37
3.7	Dimensionado de rejillas	47
3.8	Cálculo de equipos de producción de frío y calor	48
4.	INSTALACIÓN FRÍO	49
4.1	Descripción	49
4.2	Cálculo potencia frigorífica	50
5.	INSTALACIÓN AGUA FRÍA	52
5.1	Distribución y colocación de elementos	52
5.1.1	Tuberías	52
5.1.2	Acometida	52
5.2	Cálculo demanda caudal	54
5.3	Dimensionado tuberías	56
5.4	Cálculo presión	59
6.	INSTALACIÓN AGUA CALIENTE SANITARIA	61
6.1	Red de distribución	61
6.1.1	Sistema de distribución	61
6.1.2	Cálculo demanda caudal	61

6.1.3	Dimensionado de tuberías	62
6.2	Aporte energía	64
6.2.1	Condiciones de cálculo	64
6.2.2	Criterios de diseño captadores	65
6.2.3	Sistema de captación solar	65
6.2.4	Sistema de acumulacion	66
6.2.5	Sistema de apoyo	67
6.2.6	Dimensionamiento del depósito	67
6.2.7	Elección de la caldera	68
7.	SANEAMIENTO	69
7.1	Aguas Residuales	69
7.1.1	Red de pequeña evacuación	69
7.1.2	Colectores	69
7.1.3	Arquetas	70
7.1.4	Ventilación	70
7.1.5	Dimensionado Aguas Residuales	70
7.1.5.1	Derivaciones aparatos	70
7.1.5.2	Caudal de cálculo	71
7.2	Aguas Pluviales	74
7.2.1	Dimensionado Colectores	76
7.2.2	Dimensionado Bajantes	77
7.2.3	Dimensionado Canalones	78
7.2.4	Arquetas	78
8.	INSTALACIÓN GAS NATURAL	79
8.1	Diseño red	79
8.2	Dimensionado tuberías	80
9.	resumen del presupuesto	82
10.	CONCLUSIONES	83
11.	REFERENCIAS	84

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del trabajo

La motivación inmediata de iniciar el desarrollo de este trabajo es que es el último paso a la obtención del título de Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

Por otro lado, tengo la determinación de dedicarme al diseño y ejecución de instalaciones de edificios reales en una empresa real por lo que el objetivo fue buscar un proyecto real que fuese a ejecutarse en el futuro y hacerlo de manera gratuita como entrenamiento para lo que deparará el futuro próximo después de la obtención del título.

Por otro lado, el objetivo de escoger este trabajo en concreto es de coger experiencia y práctica en el diseño instalaciones que pudiese encontrar en la vida real poniendo especial detalle y esfuerzo en las instalaciones de climatización que son las que me interesan profesionalmente.

En cuanto al objetivo del proyecto en sí es encontrar una de las muchas soluciones válidas a los distintos problemas e intentar que sea lo mejor posible teniendo en cuenta criterios de simplicidad, coste, efectividad, eficiencia, etc. Al final la empresa que pague por el proyecto querrá que funcione bajo unos estándares mínimos con un coste de ejecución y de funcionamiento lo más reducidos posible.

1.2 Antecedentes

Todo se remonta a la asignatura de termodinámica de 2º de GITI donde empecé a saber el camino que iba a tomar. A medida que pasaba cursos y las asignaturas se hacían más específicas hasta ir a parar a la especialidad de utilización de energía de segundo curso de máster donde se mostraron tangibles y aplicables a la práctica todos los conceptos por los que me había ido interesando. De este modo se tornó inevitable que mi trabajo fin de máster fuese una instalación de climatización y se incluyeron las demás instalaciones porque tendré que lidiar con ellas en el futuro.

Siguiendo con el objetivo de buscar un proyecto realista, se encontró una oficina técnica que me proporcionó un proyecto real que les había sido encargado.

El proyecto constaba de la instalación de un restaurante de nueva construcción de la cadena "Tagliatella" proyectado en el centro comercial la Zahira en Alcira.

1.3 Normativa aplicable

Código Técnico de la Edificación:

- CTE-SI (Seguridad en caso de Incendios)

- CTE-HS (Salubridad)

HS3: Calidad del aire interior

HS4: Suministro de agua

HS5: Evacuación de aguas

- CTE-HE (Ahorro de Energía)

HE0: Limitación consumo

HE1: Limitación demanda

HE2: RITE (Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios)

HE3: Eficiencia energética iluminación

HE4: Contribución Solar mínima de ACS

1.4 Descripción del edificio

1.4.1 Uso del edificio

El edificio en cuestión se ha diseñado y se construirá con propósito de ser utilizado como restaurante para una cadena muy conocida de restaurantes italianos. Es por eso que la instalación también se hará teniendo en cuenta dicho uso.

En términos del cálculo de cargas, creamos un modo de actividad en el software CLIMA partiendo del predeterminado "restaurante". Consideramos una actividad humana de sentado en trabajo ligero para las salas de comensales donde la densidad de carga térmica variará para cada local según la ocupación de cálculo utilizada y de pie trabajo intenso para la cocina.

1.4.2 Ocupación máxima según CTE-SI

Las ocupaciones máximas según el CTE-SI Apartado 3.2 relativo a seguridad frente a incendios para las zonas relevantes para nuestro proyecto son:

Tabla 2.1. Densidades de ocupación⁽¹⁾

<i>Uso previsto</i>	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m²/persona)
	Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1,5
	Vestíbulos, vestuarios, camerinos y otras dependencias similares y anejas a salas de espectáculos y de reunión	2
	Aseos de planta	3
	Zonas de servicio de bares, restaurantes, cafeterías, etc.	10

Tabla 1

Que en este caso serían:

Salas de comensales y cafetería	1.5 m2/persona
Vestuarios del personal	2 m2/persona
Aseos	3 m2/persona
Cocina y resto de zonas privadas para el personal	10 m2/persona

Tabla 1

1.4.3 Número de plantas y uso de las distintas dependencias

El edificio tiene una sola planta, pero con distintas alturas de falsos techos y forjados en distintos tramos, lo que lo hace un tanto irregular. Se pueden distinguir claramente dos zonas:

Salón comedor: Al entrar por la puerta principal se encuentra el hall de entrada, que tiene una larga barra para bebidas y cafés. Para dar servicio existe una terraza (por tanto, no se climatiza) para 104 comensales y la sala interior para 122 comensales que se divide en dos partes, una cuadrada con cerramientos de cristal y otra adyacente con cerramientos opacos de menor altura que los anteriores. Por último, están los aseos para uso de los clientes divididos entre caballeros, señoras y minusválidos.

Zona de servicio: Zona de acceso exclusivo del personal. Aquí se encuentra la cocina, los distintos almacenes y cámaras frigoríficas, una pequeña cocina y un vestuario para el personal.

Cabe destacar zonas importantes de la instalación:

- Salón Comedor
- Barra
- Cocina
- Aseos
- Zona de uso del servicio
- Cámara de refrigeración
- Cámara de congelación

1.4.4 Superficies y volúmenes de las distintas dependencias

Nombre	Altura (m)	Altura falso techo (m)	Superf. (m2)	Vol. (m3)
Sala cristal	variable	No hay	60.32	321.47
Sala	4.75	3.5	72.16	342.76
Hall (cafetería)	3.75	2.5	53.81	201.79
Torre	3.25	No hay	13.18	56.02
Aseos	3.75	2.5	27.99	104.96
SALÓN			227.46	1,026.99
Cocina	variable	2.5	38.25	156.35
Camara -18	2.5	-	14.68	36.70
Camara 4	2.5	-	4.68	11.70
Oficina	3.75	2.5	4.04	15.15
Carbonicas	3.75	2.5	7.21	27.04
Basuras	3.75	2.5	3.99	14.96
Pasillo	3.75	2.5	15.01	56.29
Almacen seco	3.75	2.5	8.94	33.53
Vestuarios	3.75	2.5	12.63	47.36
Z. SERVICIO			109.43	399.08
TOTAL			336.89	1,426.07

Tabla 2

Se puede observar que hay algunas zonas que, aunque tengan todo el falso techo a la misma altura, el techo por encima de este tiene altura variable a causa de la geometría del edificio. Esto se ha de tener en cuenta para calcular los volúmenes de cada local.

Por ejemplo, la cocina (con falso techo sombreado):

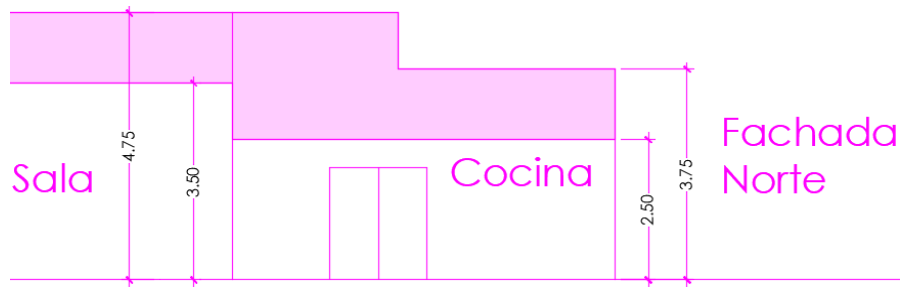


Ilustración 1

El volumen resultante de cada zona o local siempre es calculado incluyendo el falso techo, ya que este no supone más que una separación visual que oculta las redes de conductos, cables, tuberías, etc. por lo que ambos volúmenes de aire están conectados.

1.4.5 Localización, orientación y edificios colindantes

El edificio en cuestión se encuentra en el centro comercial Carrefour Zahira en la localidad de Alcira.

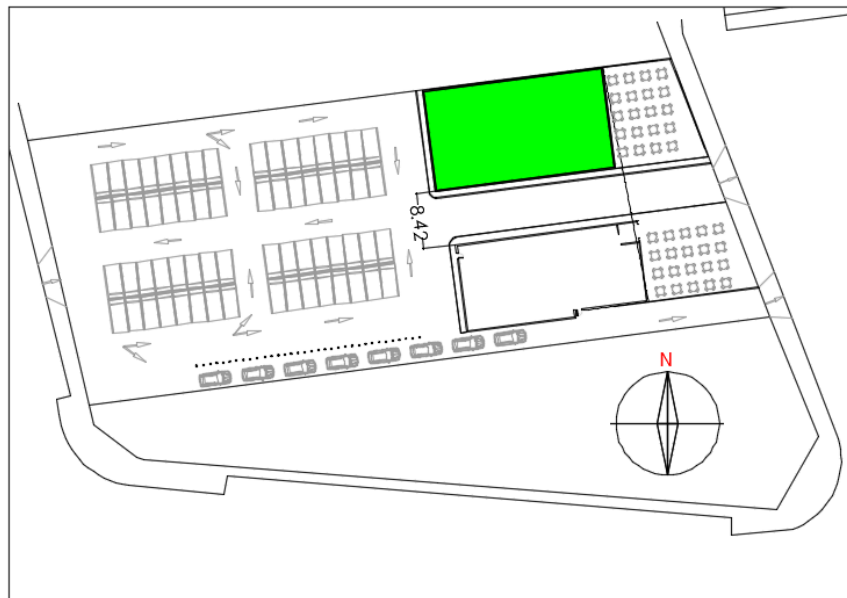


Ilustración 2

La edificación de nuestro proyecto es la sombreada en verde en la imagen anterior, con la terraza en la fachada Este y otro establecimiento de restauración a 8.42m de la fachada Sur. Existe un aparcamiento de 64 plazas común a ambos establecimientos que da a las fachadas Oeste.

1.4.6 Horario de apertura y cierre

El restaurante está abierto al público de 13:00 a 17:00 y de 20:00-00:00 de lunes a domingo.

1.4.7 Descripción de los cerramientos arquitectónicos

Recogemos los valores máximos de transmitancia para cada tipo de cerramiento según el CTE-HE1 2017 para la zona climática de B3 (Valencia y cota menos de 50m). No vamos a diseñar con los cerramientos más aislantes posibles, sino que asumimos que el arquitecto que diseñó el edificio consideró suficiente cumplir dichos valores, así que simplemente diseñamos los cerramientos de manera que cumplan el CTE-HE1.

En la siguiente tabla se detallan los cerramientos opacos.

Tipo	Elemento	Espesor (cm)	R. Térm. (m ² K/W)	Conductividad (W/mK)	U _{max} HE1 (W/m ² K)	U (W/m ² K)	Peso (kg/m ²)
Muro interior		18.2	0.67		1.1	1.07	163.56
	Enlucido yeso	1.5	0.026	0.57			
	LH doble	7	0.159	0.44			
	Lana Roca	1.2	0.3	0.04			
	LH doble	7	0.159	0.44			
	Enlucido yeso	1.5	0.026	0.57			
Muros cocina		21	1.66		1.1	0.52	164.8
	Enlucido yeso	1.5	0.026	0.57			
	LH doble	7	0.159	0.44			
	Lana Roca	4	1.29	0.031			
	LH doble	7	0.159	0.44			
	Enlucido yeso	1.5	0.026	0.57			
Muro exterior		21.8	0.884		0.82	0.74	186.29
	Mortero	1.5	0.012	1.3			
	Ladrillo perf.	11.5	0.23	0.5			
	Lana Roca	3.3	0.525	0.04			
	Ladrillo hueco	4	0.091	0.44			
	Enlucido yeso	1.5	0.026	0.57			

Solera Terreno		27.2	1.194		0.82	0.73	561.54
	Baldosa	1.5	0.015	1			
	Mortero	1.5	0.012	1.3			
	Poliestir. Exp.	4	1.081	0.037			
	Hor. armado	20	0.08	2.5			
	Polietileno	0.2	0.006	0.33			
Forjado Exterior		40.2	2.301		0.45	0.41	568.64
	Mortero	2	0.015	1.3			
	Poliestir. Exp.	6	2.069	0.029			
	Polietileno	0.2	0.006	0.33			
	Hormigón	7	0.061	1.15			
	Forjado	25	0.15	1.67			

Tabla 3

Techos y suelos interiores no existen ya que el edificio tiene solamente una planta. Sin embargo, como la altura del techo es variable, tenemos que introducir varias plantas en el programa de cálculo de cargas térmicas CLIMA y una vez generada la geometría borramos todos los techos interiores.

Para los cerramientos no opacos, o huecos, las transmitancias límite según el CTE-HE1 2017 para la zona climática de B3 son las siguientes:

% de huecos	Transmitancia límite de huecos U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 4

Quedando, para esta instalación:

Tipo	Orientación	% huecos	U _{max} HE1 (W/m ² K)	U (W/m ² K)	Factor Solar
Cristaleras Sala Cristal	SE,SO	100	5.2	3.3	0.75
Torre	SE	35	5.6	3.22	0.68
Puerta	SE	15	5.7	3.22	0.68
Ventana SO	SO	30	5.7	3.22	0.68

Tabla 5

2. DISEÑO INSTALACIÓN CLIMA

2.1 Descripción de la instalación

2.1.1 Locales sin climatizar

El almacén seco, la sala de basuras, el almacén de bebidas (almacén carbónicas) no se climatizan y se considera que la carga térmica que pudieran llegar a generar es nula en la práctica.

Por otro lado, las dos cámaras frigoríficas no se climatizan, se enfrían; y lo harán con un equipo de frío independiente para cada una.

La cocina es un caso especial ya que no tiene climatización directa, pero se tiene en cuenta en el cálculo de cargas.

2.1.2 Horario de funcionamiento

El restaurante está abierto al público de 13:00 a 17:00 y de 20:00-00:00. Con ello hacemos unas estimaciones de la distribución horaria de los elementos que generan carga térmica que son personas, equipos y luces.

Por un lado, consideramos que las luces y equipos se van encendiendo progresivamente desde 2 horas antes de la apertura con la llegada de los empleados y puesta en marcha de la jornada. En cuanto al cierre, los equipos se apagan de golpe mientras que las luces se apagan progresivamente para las labores de limpieza, recogida, cierre de caja, etc.

Por otro lado, en el descanso de la tarde consideramos que las luces siguen encendidas pero los equipos están al 30%. También adoptamos una carga remanente del 5% cuando el establecimiento permanece cerrado, debido a aparatos como neveras, botelleros, arcón de helados, etc., aparatos eléctricos y demás.

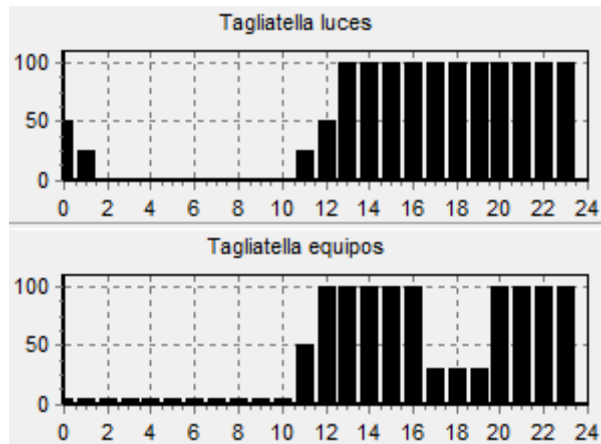


Ilustración 3

Tan solo tenemos carga térmica relevante de personas en los momentos en los que el restaurante se encuentra abierto y en estas horas estimamos la ocupación. En el resto de horas de apertura y cierre, donde sólo hay trabajadores, consideramos un 11% de carga con respecto a la máxima suponiendo un número de empleados de 15 con respecto a la ocupación máxima del restaurante. Es decir $15 / (122+15) = 0.11 = 11\%$.

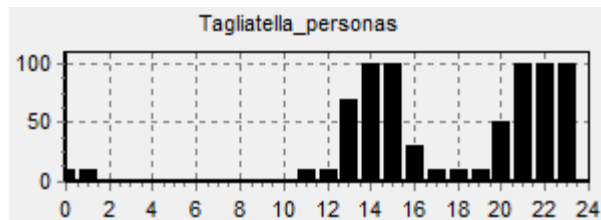


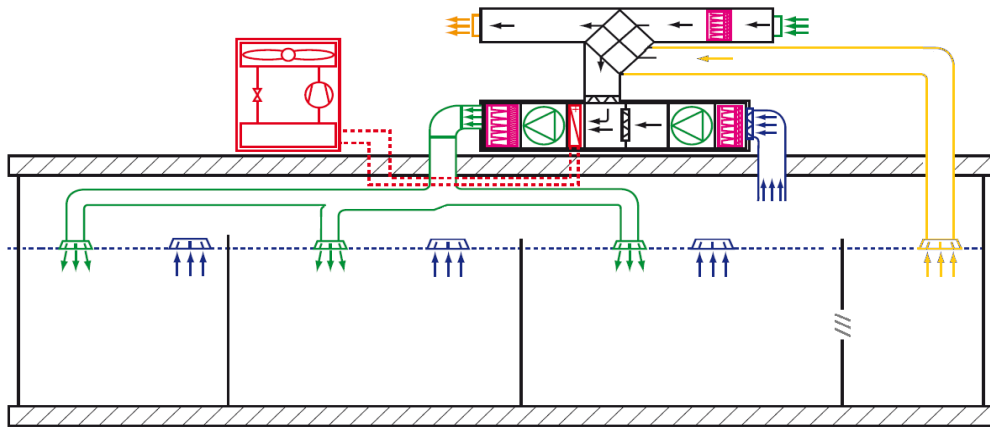
Ilustración 4

2.1.3 Sistema de instalación elegido

Se elige un sistema todo aire con una máquina de frío en cubierta que hará llegar el refrigerante, por su circuito, a una batería de frío/calor de una unidad de tratamiento de aire (en adelante UTA).

Dicha UTA mezclará el aire recirculado, tomado del interior, con el aire nuevo tomado de la calle desde la propia UTA y lo enfriará o calentará para impulsarlo por el conducto principal que derivará en toda la red de conductos que harán llegar el aire climatizado a todas las dependencias directamente climatizadas. Los elementos terminales serán difusores, toberas y rejillas horizontales y verticales.

Habr  un recuperador sensible para intercambiar parte de la energía del aire de extracción con el aire nuevo de ventilación que recuperar  $\frac{2}{3}$ de la energía según la norma UNE EN 308.



Ilustración 5

2.1.4 Calidad del aire interior

Debemos conocer la calidad del aire interior deseada (IDA) y la calidad del aire exterior de la localidad (ODA) para saber cómo han de ser los filtros para el aire de ventilación.

La ventilación es necesaria para todos los locales habitables.

Para las salas y zonas públicas del restaurante tenemos que considerar unas condiciones del aire interior IDA3, cuyo caudal de ventilación necesario es de 8 l/s (o 28.8m³/h) por persona. La extracción de la cocina es de 3183 m³/h lo que excede sobradamente el mínimo por calidad del aire por lo que no se calcular  la ventilación debida a la ocupación.

Existen limitaciones en el uso que se le pueda hacer al aire extraído que dependen principalmente de su nivel de contaminación. Según las condiciones de dicho aire (AE) este podrá ser recirculado o no.

Todos los cuartos h medos, la cocina y la barra son categoría AE3, por lo que no se podrá recircular el aire extraído de estos y se tendr  que expulsar a la calle.

El resto del restaurante es categoría AE2, lo que quiere decir que se podrá retornar dicho aire.

2.1.5 Calidad del aire exterior (ODA)

Para un ODA2 y teniendo en cuenta el IDA3, necesitamos unos filtros para el aire de renovación de clase F7.

2.1.6 Sistemas ahorro energético

Habr  un recuperador sensible junto a la UTA para intercambiar parte de la energía del aire de extracción con el aire nuevo de ventilación que recuperar  $\frac{2}{3}$ de la energía según la norma UNE EN 308.

2.2 Elementos integrantes de la instalación

2.2.1 Unidades terminales

2.3.2.1 Rejillas Impulsión

Todas las unidades terminales de impuls n ser n rejillas rectangulares, dispuestas en horizontal en el falso techo, cuando haya, o de manera vertical desde el falso techo de una zona adyacente cuando haya que impulsar a una zona que no disponga de falso techo

Las rejillas de impuls n elegidas son las siguientes:

Nombre	Zona	Orientación	Uds	b (mm)	h (mm)
RC	Comedor	Horizontal	15	325	125
RA	Comedor cristal	Vertical	6	325	165
RT	Entrada	Vertical	1	225	165
RS	Pasillo z. servicio	Horizontal	3	425	125
RO	Oficina	Horizontal	1	225	125

Tabla 6

2.3.2.2 Rejillas de Extracción

Habrà una ùnica rejilla horizontal de retorno para la zona de servicio (RRS) por donde subirà el aire de recirculaci3n directamente por un conducto hasta la UTA en cubierta.

El resto de rejillas se reparten por los falsos techos del sal3n comedor y estàn conectadas directamente al falso techo, desde el cual se aspirarà el aire de retorno hasta la UTA en cubierta, creando una depresi3n en el falso techo que harà que el aire ascienda a este a trav3s de las mencionadas rejillas.

Todas estas rejillas son horizontales menos las de la sala de cristal, que al no tener falso techo seràn verticales y se dispondràn en la pared conectada al falso techo de la sala adyacente.

Nombre	Zona	Orientaci3n	Uds	b (mm)	h (mm)
RRS	Pasillo z. servicio	Horizontal	1	425	225
RR	Comedor	Horizontal	6	425	225
RRC	Sal3n cristal	Vertical	2	425	225

Tabla 7

En la medida de lo posible se ha tratado de que las rejillas de retorno est3n cerca de los cerramientos de fachada a ser posible de las ventanas ya que seràn las zonas donde el aire est3 a una temperatura màs desfavorable (menos climatizado) al intercambiar calor con los cerramientos.

2.3.2.3 Rejillas extracci3n

Habrà Rejillas de extracci3n de aire de ventilaci3n en todos los cuartos hùmedos y 4 de ellas màs sobre la barra. Todas iràn conectadas a una red de conductos de extracci3n.

Nombre	Zona	Orientaci3n	Uds	b (mm)	h (mm)
RV	Aseos + Barra	Horizontal	7	425	125
RVV	Vestuario	Horizontal	1	225	125

Tabla 8

2.2.2 Sistemas de renovación del aire

Por un lado, habrá una red de conductos que recoja el aire de extracción de las rejillas de extracción mencionadas anteriormente y lo expulsará por una única salida en cubierta no sin antes pasar por el recuperador de calor sensible anteriormente mencionado.

Por otro lado, en cocina habrá una campana de extracción autocompensada para el bloque de cocción.

Se extraerá un caudal de ventilación para la cocina por un conducto independiente y el resto del caudal irá por el mismo circuito que el caudal de retorno.

2.2.3 Unidades de tratamiento de aire (UTAs)

Como se ha mencionado antes, habrá una única UTA en cubierta que climatizará la totalidad del caudal de climatización necesario mediante una batería de frío/calor, con refrigerante circulando en su interior, procedente de la máquina de frío/calor.

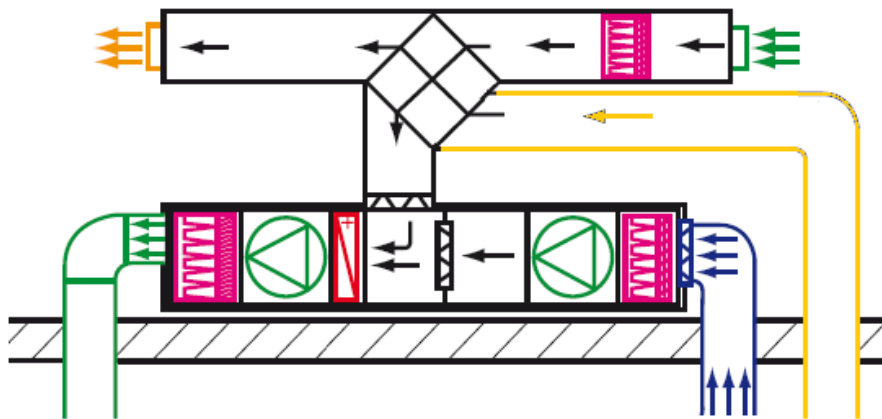


Ilustración 6

La UTA tomará aire recirculado mediante un conducto (en azul) desde un extremo y lo mezclará con el aire de ventilación nuevo que habrá pasado previamente por un recuperador sensible. El recuperador sensible aprovechará parte de la energía del aire de extracción intercambiándola con el aire nuevo.

2.2.4 Sistemas de control automático

Se coloca un termómetro en el salón de comensales conectado a un termostato que tendrá control sobre el ventilador de impulsión y sobre el compresor de la máquina de frío.

En el caso de que ninguna de las velocidades del ventilador de el caudal exacto teórico instantáneo para el momento actuará consiguiendo que el caudal medio en un determinado intervalo de tiempo sí sea el correcto haciendo una modulación por ancho de pulsos (PWM).

Aunque en un momento dado no haya carga de climatización hay que impulsar siempre al menos el caudal de ventilación. Así que si, por ejemplo, el modo de funcionamiento del ventilador da un 50% más del caudal deseado se encenderá a pulsos un 66.6% del tiempo.

2.3 Descripción de los sistemas de transporte de fluidos caloportadores

2.3.1 Redes de distribución de aire

2.4.1.1 Climatización

Desde la UTA situada en cubierta desciende un conducto principal de aire climatizado que se divide en dos. Uno de estos dos conductos abastece a la red de climatización de la zona de servicio y el otro a la red de conductos del salón comedor. Se trata, en la medida de lo posible, de que los conductos vayan centrados en los pasillos y tengan cambios de dirección de 90º y se asegurará que nunca sean mayores de 90º.

Dichos conductos impulsarán el aire de climatización en las distintas dependencias mediante una combinación de difusores, rejillas y toberas.

2.4.1.2 Ventilación

Habrán rejillas horizontales de extracción en todos los cuartos húmedos y sobre la barra que permitirán que el aire entre en los conductos de la red de extracción. Dentro de los cuartos húmedos, cuando sea posible, las rejillas irán sobre los inodoros para que el aire tienda a ir desde el resto del cuarto húmedo hasta dichos inodoros en lugar de al revés. Así se ayuda ligeramente a que los olores tiendan a irse antes en lugar de viajar por el cuarto húmedo.

Este aire se acabará recogiendo en un único conducto que subirá a cubierta para ser expulsado a la calle no sin antes pasar por el recuperador sensible

2.4.1.3 Extracción cocina

La campana de extracción irá conectada a un conducto que conducirá el aire contaminado extraído a cubierta para ser expulsado y será de tipo autocompensada, introduciendo el mismo caudal que extrae por un conducto paralelo al de extracción.

2.4 Sala de máquinas

El arquitecto no consideró habilitar un espacio para una sala de máquinas, pero se ha reservado un pequeño hueco al fondo del vestuario para la caldera y el depósito acumulador que no precisarán sala de máquinas al ser la potencia de gas total instalada menor de 70kW.

3. CÁLCULO INSTALACIÓN CLIMA

3.1 Condiciones ambientales

3.1.1 Condiciones interiores de cálculo

	Temperatura (°C)	Tolerancia temp.	Humedad rel. (%)	Tolerancia HR	Ventilación (m3/h pers.)	Vmedia máxima (m/s)
Invierno	21	+2,5	40	+5%	29	0,12
Verano	25	+2	50	+5%	29	0,16

Tabla 9

Como condición de diseño se fija una temperatura de 21°C en invierno y 25°C en verano. Esta diferencia se debe, principalmente, a que en invierno la gente va más abrigada que en verano y su índice de indumento (clo), que refleja la resistencia térmica de la ropa, varía. Aunque nos desabriguemos en invierno al entrar en el local, nuestros calcetines, calzado pantalones, etc. serán más abrigados por tanto 25°C sería demasiado calor y podemos permitirnos calentar sólo hasta 21°C.

3.1.2 Condiciones exteriores de cálculo

Según el documento reconocido del IDAE guía técnica 12 condiciones climáticas exteriores de proyecto, tenemos las siguientes condiciones para la localidad de Valencia siendo esta lo más parecido a Alcira.

Provincia	Estación					Indicativo	
Valencia	Valencia					8416	
UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
11	39°28'50"	00°21'59" W	77.561	12.843	4.741		
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-1,6	4,4	5,5	10,9	73,1	28,5		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
40,3	32,9	22,3	31,3	22,6	30,2	23,3	12,3
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
26,0	26,0	25,5	25,5	25,0	25,0		

Tabla 10

3.2 Caudales de aire interior (tomado del exterior) mínimo de ventilación.

Del RITE IT 1.1.4.2.3, tabla 1.4.2.1, para una categoría del aire interior IDA3 el caudal de aire exterior necesario es 8 l/s (28,8m3/h) por persona.

En la siguiente tabla se tiene un cálculo de los caudales de ventilación y las renovaciones a la hora de cada local climatizado del restaurante. Se puede observar que debido a la alta ocupación por m3 del salón comedor, estas tienen renovaciones/h altísimas que suben la media del edificio en su conjunto.

Nombre	Vol. (m3)	Ocupación Cálculo (personas)	Renov (m3/h*pers)	Caudal vent (m3/h)	Renov/ h
Sala cristal	321.47	66	28.8	1900.8	5.91
Sala	342.76	56		1612.8	4.71
Hall	201.79	3		86.4	0.34
Torre	56.02	0			
Aseos	104.96	2		57.6	0.55
Cocina	156.35	7		201.6	1.29
Oficina	15.15	1		31.0	2.05
Pasillo	15.01	1		28.8	1.92
Vestuarios	12.63	1		28.8	2.28

Tabla 11

Nótese que el caudal mínimo de ventilación de la cocina es de 201.6 m³/h, pero la extracción de la campana es de 3183 m³/h, muy superior, por lo que será la ventilación de cálculo para cargas térmicas.

3.3 Cargas térmicas

En primer lugar, se comienza por determinar el tipo de actividad de las personas en cada local para tener la carga sensible y latente por persona:

	Actividad	Carga sensible (W/pers)	Carga latente (W/pers)
Cocina	De pie trabajo intenso	109	248
Barra	De pie trabajo ligero	89	121
Para el resto	Sentado trabajo ligero	82	62

Tabla 12

Se sigue con la iluminación, considerando la utilización de bombillas de LED en todo el edificio con unas pérdidas por calor de 3 W/m² a excepción de la cocina que al ser una zona de trabajo manual precisará de una mayor iluminación y se toma 6 W/m².

Por otro lado, se conoce la carga térmica debido a la ventilación de cada local y al dividirla por su superficie se halla la carga por metro cuadrado. Esto considerando que se dispone de un recuperador sensible que recuperará el 67% de la potencia térmica perdida.

Por último, se considera, de forma general, una carga sensible de equipos de 9 W/m² al ser un restaurante y 0 W/m² de latente al no haber equipos que “respiren”, que generen vapor, que produzcan combustión, etc.

Las excepciones serán, evidentemente, la cocina y la barra que tendrán mayor densidad de carga sensible por equipo y además algunos de estos tendrán carga latente.

3.3.1 Cargas equipos Cocina y Barra

Del plano se extrae la información sobre qué equipos existen en la cocina y la barra. Para equipos de cocción de comida se toman las potencias orientativas de inhostel.com y el resto de potencias de fabricantes para así obtener las cargas sensibles y latentes de los equipos.

Para la cocina se estima que, en los momentos de máxima actividad, de media se utilizará un 70% de la potencia instalada al mismo tiempo. Cabe recordar además que la actividad es variable a lo largo del día, no considerando una actividad de equipos del 100% durante todo el día.

Aparato Cocina	Potencia (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	uds	Total sensible (kW)	Total latente (kW)
Nevera alta	0.5	0.67	0	2	1.33	0
Nevera 3P	0.6	0.80	0	2	1.60	0
Nevera bajo encimera	0.2	0.27	0	1	0.27	0
6 fogones inducción	24	9.6	0	1	9.60	0
Freidora 8L	7	2.5	0.8	1	2.50	1
Horno eléctrico	2	0.2	0	1	0.20	0
Grill	13	5.2	0	1	5.20	0
Lavavajillas	6.2	0	3.1	3	0.00	9.30
Hervidor	3	1	1	2	2.00	2.00
TOTAL					22.70	12.10
70%					15.89	8.47
Carga (W/m2)					415.42	221.44

Tabla 13

Del mismo modo para la barra, pero considerando un 100% de la potencia instalada ya que la mayor parte corresponde al horno a gas de las pizzas y está encendido siempre que el restaurante está abierto.

Aparato Barra	Potencia (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	uds	Total sensible (kW)	Total latente (kW)
Horno Morello Forni FGR 150	43	5	5	1	5.00	5
Botellero 4P	0.4	0.53	0	1	0.53	0
Arcón helados	0.3	0.40	0	1	0.40	0
Nevera alta	0.5	0.67	0	1	0.67	0
Nevera 3P	0.6	0.80	0	1	0.80	0
					7.40	5.00
100%					7.40	5.00
Carga (W/m2)					137.52	92.92

Tabla 14

3.3.2 Resumen cargas

Se utiliza el software de cálculo CLIMA de Atecyr para el cálculo de cargas térmicas del edificio.

Se introducen en dicho software las características del edificio, actividad, ocupación, cargas de equipos, ventilación, etc. En definitiva, todas las condiciones de contorno de cálculo descritas en la parte anterior de la memoria.

Antes de mostrar una visión general de las cargas térmicas en cada local climatizado hay que mencionar que el programa de cálculo de cargas CLIMA no permite considerar las cámaras de frío por lo que las marcamos como no habitables y adiabáticas con el resto de locales.

Sin embargo, hay una ligera pérdida de carga por el calor que acaba escapando por techos y fachada así que la corregimos y la consideramos nula. No solo eso sino que, siendo rigurosos, le añadimos el frío perdido por las paredes calculado posteriormente en el diseño de las cámaras.

Se trata de cargas que son favorables en verano ya que ayudan a enfriar en verano y desfavorables en invierno. Sin embargo, la magnitud de dichas cargas es prácticamente despreciable, pero se menciona por rigor y por su veracidad teórica.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de cargas totales por local:

Nombre	Impulsión directa	Total (kW) Refrig.	Total (kW) Calef.	Sup. (m2)	W/m2 refri.	W/m2 calef.
Comedor cristal	si	22.54	10.79	60.32	373.67	28.88
Comedor principal	si	15.47	8.02	72.16	214.38	37.41
Entrada (Barra)	si	15.54	2.41	53.81	288.79	8.35
Aseos	no	1.1	1.04	27.99	39.30	26.46
Cocina	no	29.7	13.35	38.25	776.47	17.19
Oficina	si	0.29	0.21	4.04	71.78	2.93
Pasillo z. servicio	si	0.5	0.47	15.01	33.31	14.11
Vestuarios	no	0.47	0.45	12.63	37.21	12.09
Camara -18	Congel.	-0.087	0.087	-		
Camara 4	Refrig.	-0.107	0.107	-		
		85.42	36.93			

Tabla 15

Por último, podemos representar las cargas absolutas procedentes de cada tipo visto anteriormente para todo el edificio para el día más extremo de verano sumando las pérdidas por cerramientos y huecos.

Además, le decimos al programa que aplique un 5% de mayoración, que una vez aplicado supone aproximadamente un 4.8% del total.

EDIFICIO COMPLETO	TOTAL kW	TOTAL kW	%
Personas sensible	9.74	19.71	23.0
Personas latente	9.97		
Luces	0.77	0.77	0.9
Equipos sensible	25	38.46	44.9
Equipos latente	13.46		
Vent	9.82	9.82	11.5
Cerramientos	2.13	2.13	2.5
Huecos	10.65	10.65	12.4
Mayoración	4.08	4.08	4.8

Tabla 16

3.4 Cálculo redes de caudales de aire

3.4.1 Características del fluido

Se ha de determinar, para poder hacer el cálculo, las condiciones del aire en todas las situaciones necesarias.

- En primer lugar, sabiendo las condiciones de temperatura y humedad del aire **exterior** en los días más extremos de invierno y verano según el documento reconocido del IDAE guía técnica 12 condiciones climáticas exteriores de proyecto podemos calcular mediante las gráficas de la ASHRAE los valores de humedad absoluta (w) volumen específico y entalpía específica (h) que nos servirán posteriormente para los cálculos termodinámicos de los distintos caudales de aire.
- En segundo lugar, hallamos estos valores para las condiciones del aire **interior** para verano e invierno que han sido impuestas por nosotros como condiciones de diseño.
- Por último, hemos de determinar las condiciones del aire de **impulsión**, que también será dato de diseño introducido por nosotros. La temperatura de impulsión tendrá influencia directa en el caudal de impulsión necesario, ya que cuanto más dispar sea la temperatura de impulsión a la temperatura del local (o temperatura de diseño) se necesitará menor caudal de impulsión. Sin embargo, temperaturas de impulsión muy extremas resultan incómodas si inciden directamente en un ocupante y, además, un caudal menor con temperatura más extrema empeora la mezcla con el aire del local y dificulta la homogeneización de la temperatura. Además, supondría una temperatura menor de la batería de frío, lo que haría una máquina más compleja con refrigerantes menos comunes.

Unos valores de temperaturas de impulsión habituales son los elegidos en nuestro proyecto y se muestran en la tabla siguiente donde también podemos ver las condiciones de aire interior y exterior:

		T(°C)	Hr (%)	w (kg/kg a.s.)	vol. esp. (m3/kg)	h (kJ/kg)
VERANO	EXT.	32.9	37.36	0.0117	0.884	64
	INT.	25	50	0.01	0.858	50.5
	IMP.	14	60	0.006	0.821	29
INVIERNO	EXT.	4.3	75.7	0.0039	0.791	14
	INT.	21	40	0.0062	0.841	36.5
	IMP.	40	30	0.014	0.907	76.5

Tabla 17

3.4.2 Parámetros de diseño

Es necesario calcular los distintos caudales de diseño para las distintas redes de conductos. Se tienen tres tipos de caudales: impulsión, recirculación y ventilación. Siendo:

$$\text{Impulsión} = \text{Recirculación} + \text{Ventilación}$$

ó

$$Q_i = Q_R + Q_V$$

Como se puede ver esquematizado en la siguiente representación para un determinado volumen de control:

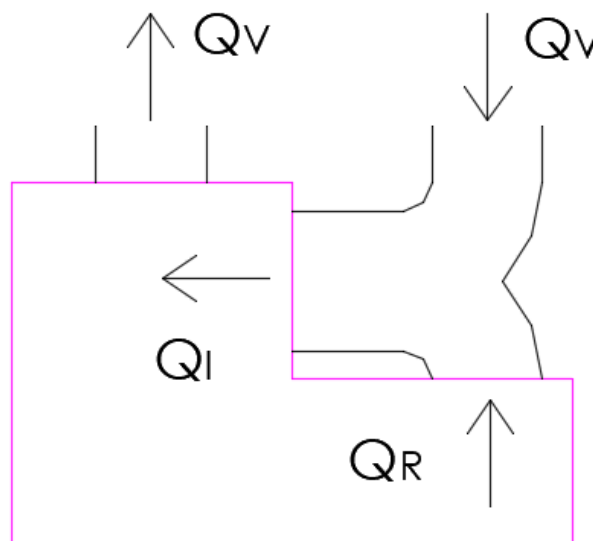


Ilustración 7

Siendo esto así, se parte de que se conoce el caudal de ventilación necesario para cada local, y por tanto para todo el restaurante, calculado anteriormente para las condiciones de calidad interior del aire. De este modo, Q_i y Q_r son incógnitas y con hallar una de ellas se deducirá la tercera.

Mediante el programa de cálculo, se han obtenido las cargas térmicas totales para cada local. Esto representa la potencia calorífica (kW) máxima que deberá aportar el aire de impulsión.

Por otro lado, el programa calcula también la carga o pérdida de potencia calorífica debida a dicho caudal de ventilación necesario, calculada mediante la diferencia de estado energético entre el caudal de aire exterior que ha de introducirse con respecto al aire extraído. En el caso extremo de verano sería $T_{ext}= 32.9^{\circ}\text{C}$ y $T_{int}= 25^{\circ}\text{C}$.

Sabiendo esto, se resta la carga de ventilación a la carga total y se obtiene la carga de recirculación que es la que corresponde al resto de cargas que no son de ventilación.

Una vez conocida la carga de recirculación, el caudal recirculado dependerá de la temperatura de impulsión que hayamos fijado. Para verano, a temperatura de impulsión más fría, menor caudal recirculación (y por tanto de impulsión) y viceversa.

De modo que nos quedará un proceso de cálculo tal que así:

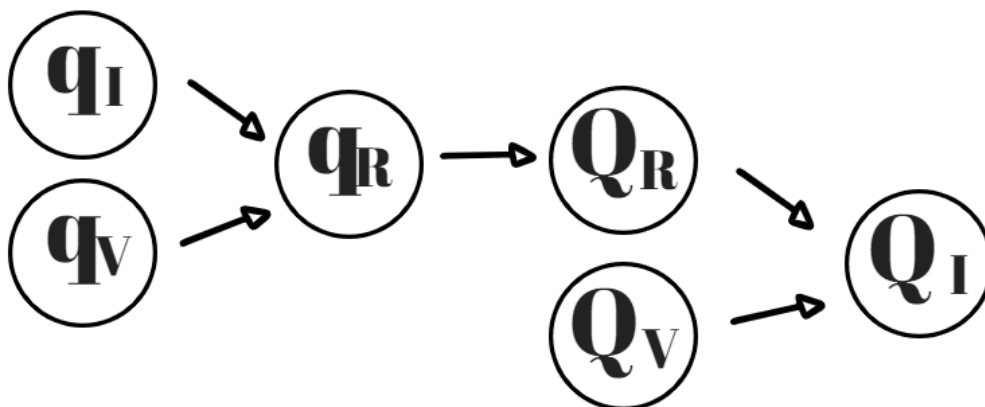


Ilustración 8

Siendo:

q : cargas térmicas en kW

Q : Caudales de aire en m³/h

Y así se deducirán todos los caudales necesarios para cada local.

Cabe mencionar que los próximos cálculos se han hecho tanto para invierno como para verano, pero solo mostraremos el de verano ya que, por un lado, los caudales de ventilación son idénticos, y por otro lado los caudales de impulsión y recirculación son mayores para todos los locales ya que las cargas térmicas totales son, en este caso, siempre mayores y se dimensiona para el caso más desfavorable.

Pasando al cálculo, lo primero es sacar la carga de recirculación que es $q_R = q_I - q_V$:

	q_I (kW)	q_V (kW)	q_R=q_I-q_V (kW)
Comedor cristal	22.54	3.74	18.8
Comedor principal	15.47	3.68	11.79
Entrada (Barra)	15.54	0.19	15.35
Aseos	1.1	0.1	1
Cocina	29.7		29.7
Oficina	0.29	0.06	0.23
Pasillo z. servicio	0.5	0.05	0.45
Vestuarios	0.47	0.05	0.42

Tabla 18

Se puede observar que la carga cálculo de ventilación de la cocina se retira ya que dicho caudal es independiente. Sin embargo, no deja de considerarse en el cálculo ya que la carga total de impulsión de la cocina la mantenemos igual y contiene en ella la parte de ventilación.

Siguiendo con el proceso y siendo la ecuación de transmisión de calor:

$$q = \dot{m} \cdot \Delta h$$

Que para nuestro caso:

$$q_R = \dot{m}_R \cdot (h_{int} - h_{imp})$$

Que siendo caudal másico (\dot{m}) caudal volumétrico dividido entre el volumen específico y pasando kJ/s a kJ/h multiplicando por 3600 para obtener el caudal en m³/h tenemos:

$$3600 * q_R = (Q_R / v_R) * (h_{int} - h_{imp})$$

Que despejando el caudal queda:

$$Q_R = (3600 * q_R * v_R) / (h_{int} - h_{imp})$$

Siendo:

Q_R : Caudal de aire de recirculación (m³/h)

q_R : Carga térmica recirculación (kJ/s ó kW)

v_R : Volumen específico (m³/kg)

Δh : Diferencia de entalpía específica (kJ/kg)

h_{int} : Entalpía esp. Para aire interior (recirculado) a 25°C en verano (kJ/kg)

h_{imp} : Entalpía esp. Para aire impulsión a 14°C en verano (kJ/kg)

Que, para todos los locales en nuestro caso, (ver la tabla anterior de características de fluidos):

$$Q_{R \text{ local}} = (3600 * q_{R \text{ local}} * 0.858) / (50.5 - 29)$$

Una vez se tienen los caudales de recirculación de cada local, se los suma a los de ventilación para obtener los caudales de impulsión y así se tiene, redondeando los valores para simplificar:

	QR (m ³ /h)	QV (m ³ /h)	QI (m ³ /h)
Comedor cristal	2701	1901	4602
Comedor principal	1694	1613	3307
Entrada (Barra)	2205	86	2292
Aseos	144	57	201
Cocina	4267		4267
Oficina	32	31	64
Pasillo z. servicio	65	29	93
Vestuarios	60	29	89
	11168	3746	14915

Tabla 19

3.4.3 Cálculo Caudal Extracción cocina

En cocina hay un bloque de cocción rectangular, pegado a la pared, donde se encuentran todos los aparatos que necesitan extracción por tanto habrá que diseñar una campana acorde.

La geometría en planta de la campana de extracción viene indicada en el plano por el arquitecto, pero cumple la condición de sobresalir 20cm hacia afuera de nuestro bloque de cocción. La altura (H) a la que ha de encontrarse la campana respecto al bloque de cocción ha de estar entre 1.2 y 2m.

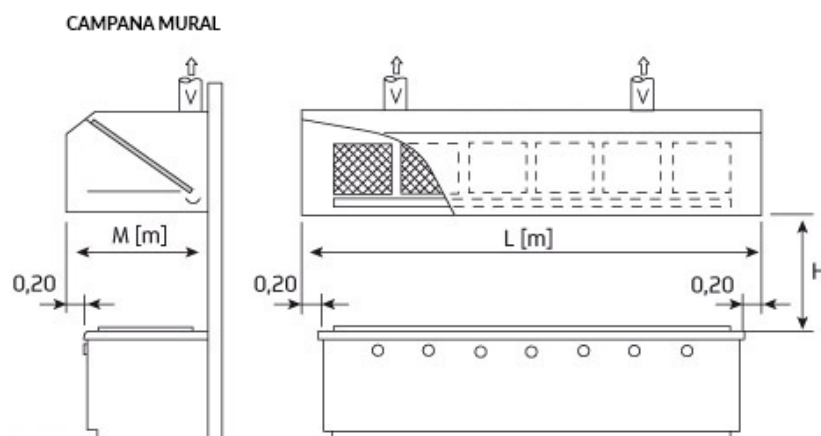


Ilustración 9

Para nuestro caso:

L= 4.45m

M=1.1m

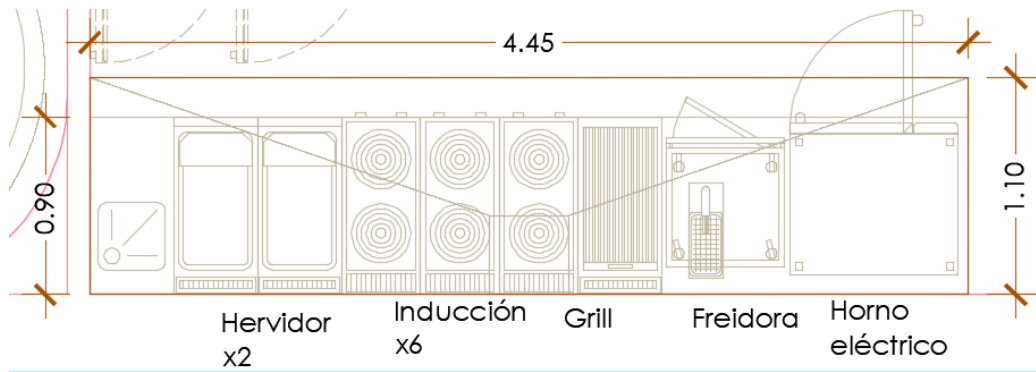


Ilustración 10

Para el cálculo del caudal de diseño de extracción, infhostel.com proporciona la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{Total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Donde:

Q_1 : Caudal extracción necesario equipos calientes

Q_2 : Caudal extracción necesario zonas neutras

Q_3 : Caudal para la superficie en planta de la campana que no ocupe el bloque de cocción.

Calculando cada término por separado, se tiene (en m^3/h):

$$Q_1 = 380 \times (P_c \times V_{\text{ch}})^{1/3}$$

Donde:

P_c : Potencia térmica del equipo (sensible + latente) (kW)

V_{ch} : Volumen de la columna de humo de la parte superior del equipo (m^3)

Por lo que para nuestro caso tenemos:

Campana	Potencia (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga TOTAL (kW)	Superf (m2)	Vch (m3)	Q1 (m3/h)
6 fogones inducción	24	9.6	0	9.6	1.08	1.296	880.53
Freidora 8L	7	2.5	0.8	3.3	0.0882	0.1058	267.61
Horno eléctrico	2	0.2	0	0.2	0.68	0.816	207.66
Grill	13	5.2	0	5.2	0.387	0.4644	509.82
Hervidor x2	6	2	2	4	0.765	0.918	586.25
TOTAL					3.00	3.60	2451.87

Tabla 20

El segundo caudal se calcula de la siguiente manera:

$$Q_2 = 90 \times S \text{ (m3/h)}$$

Donde S es la superficie de zona neutra de nuestro bloque de cocción que siendo en nuestro caso S=1m2 así que: **Q₂ = 90 m3/h.**

Por último, el tercer caudal:

$$Q_3 = 720 \times S$$

Donde S es la superficie de la planta de la campana que no ocupa el bloque de cocción que para nuestro caso es 4.45*0.2 por lo que **Q₃ = 640.8 m3/h.**

Sumando los tres términos obtenemos el caudal de extracción de diseño:

$$Q_{\text{extracción}} = 3182.67 \text{ m3/h}$$

3.4.4 Cálculo de caudales terminales individuales

Una vez calculados los caudales de diseño de impulsión, ventilación y retorno para cada local se dispone el número y lugar de cada unidad terminal de manera acorde. Si después de un primer cálculo se observa que el caudal de diseño de alguna unidad terminal es demasiado grande o demasiado pequeño, se recalculará dividiendo la demanda de caudal entre más o menos unidades terminales según el caso.

Para poder determinar los caudales que circulan por cada conducto hay que partir de conocer los caudales que queremos que entren o salgan de cada rejilla.

3.4.4.1 Impulsión

Básicamente existen 2 circuitos de impulsión que derivan del conducto a la salida de la UTA y son referentes a 2 zonas: La zona del servicio y el restaurante en sí (salón comedor). La cocina produce carga térmica pero no se le impulsa aire de climatización por lo que dividiremos su caudal de impulsión entre los 2 circuitos de impulsión aproximadamente a partes iguales, asignando 1000 m³/h a la zona de servicio y el resto al comedor. Quedando así un caudal a impulsar por cada circuito:

	Q Imp. teórico (m ³ /h)	Q Imp. añadido cocina (m ³ /h)	Q Imp. diseño (m ³ /h)
Z. privada	246	1000	1246
Sala	10402	3267	13669
Cocina	4267	0	0
TOTAL			14915

Tabla 21

El intercambio de calor entre el resto del restaurante y la cocina se hará mediante los cerramientos y por el intercambio directo de aire causado por la apertura constante de puertas con la sala. Siempre encontrándose en ligera depresión haciendo que entre aire desde el resto del restaurante hacia la cocina y no al revés.

Una vez dispuestas las unidades de impulsión se tiene el siguiente desglose de impulsión que cubre la totalidad de los caudales determinados anteriormente:

Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)
RC	Comedor	Horizontal	567	15	8505
RA	Comedor cristal	Vertical	766	6	4596
RT	Entrada	Vertical	568	1	568
RS	Pasillo z. servicio	Horizontal	394	3	1182
RO	Oficina	Horizontal	64	1	64
					14915

Tabla 22

Sabiendo el caudal de diseño de cada unidad terminal, se deducen los caudales circulantes por todos los ramales de las redes de impulsión.

3.4.4.2 Retorno

Habrà 2 conductos de aspiración del caudal de retorno, uno para el caudal que corresponde a la zona de servicio y otro para el resto del caudal. Estos se unirán en un único conducto que irá a parar a la UTA. Los caudales de diseño son los siguientes:

	SALÓN COMEDOR	ZONA SERVICIO	TOTAL
Q retorno (m3/h)	10008	1161	11169

Tabla 23

Que traducido a caudales por cada rejilla al falso techo queda:

Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)
RRS	Pasillo z. servicio	Horizontal	1161	1	1161
RR	Comedor	Horizontal	1251	6	7506
RRC	Salón cristal	Vertical	1251	2	2502
					11169

Tabla 24

3.4.4.3 Ventilación

Existirá una rejilla en el vestuario de empleados que extraerá todo el caudal correspondiente a la zona de servicio y el resto de caudal de ventilación (menos el de la cocina) será repartido a partes iguales entre las 4 rejillas de la barra y las 3 rejillas de los aseos. Todas las rejillas formarán parte de una misma red de conductos de ventilación.

Cabe recordar que el caudal de ventilación de la cocina será extraído independientemente por la campana.

Las distribuciones son las siguientes:

Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)
RV	Aseos + Barra	Horizontal	522	7	3654
RVV	Vestuario	Horizontal	92	1	92
					3746

Tabla 25

Sumando al caudal de extracción de la campana de cocina queda cubierta la totalidad del caudal de ventilación de cálculo:

EXTRACCIÓN (m ³ /h)	SALÓN COMEDOR	ZONA SERVICIO	TOTAL
Campana cocina	0	3183	3183
Ventilación	3657	89	3746
			6929

Tabla 26

3.5 Dimensionado de Conductos

En cuanto a conductos, se tienen todos los pertenecientes a la red de impulsión, los de la red de extracción del aire de ventilación, los de la red de retorno y los conductos individuales de extracción de la campana del bloque de cocción de cocina.

Se utilizará, para toda la instalación, conductos de sección rectangular. Para el dimensionado hemos de fijar un criterio de velocidad del aire. Tenemos una referencia de la imagen siguiente y una práctica habitual es diseñar para velocidades en torno a 10 m/s. En nuestro caso trataremos, en la medida de lo posible, de no bajar de 6 m/s y no subir de 12 m/s.

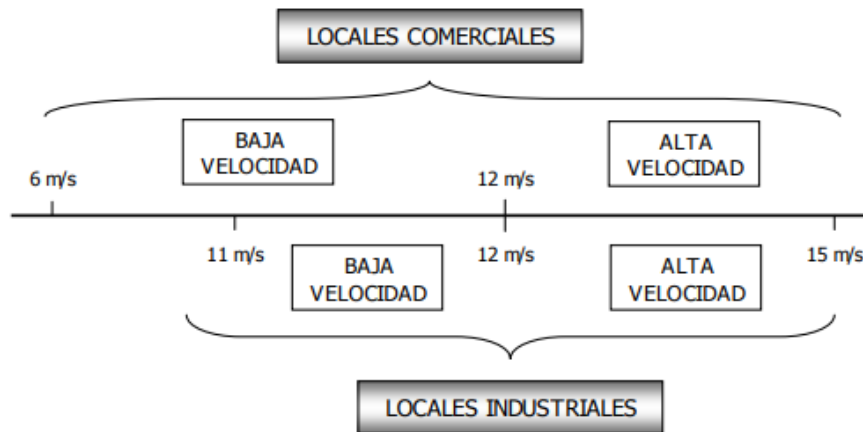


Ilustración 11

Se utilizará conducto de chapa para todos los tramos que discurran por el exterior y fibra de vidrio para los que lo hagan por el interior. De este modo, los conductos I0, V1 y R0 serán de chapa y el resto de fibra.

3.5.1 Conductos Impulsión

Lo primero que se hará será calcular el diámetro teórico para cada tramo como si fuesen conductos de sección circular sabiendo que:

$$Q = V/A$$

Por lo que:

$$A = \pi \cdot (D^2) / 4 = Q/V$$

Siendo:

Q: Caudal de diseño del tramo (m³/s)

A: Sección de cálculo (m²)

D: diámetro hidráulico equivalente (m)

Que despejando el diámetro queda:

$$D = [(Q \cdot 4) / (A \cdot \pi)]^{1/2}$$

Con los diámetros teóricos se calculan las secciones teóricas y se hace una primera elección de secciones rectangulares (base por altura) basándose en la sección equivalente circular.

Seguidamente se ha de calcular el diámetro hidráulico equivalente, que es el diámetro de un conducto de sección circular con igual pérdida de carga que otro rectangular. Se hace para cada tramo rectangular con la fórmula:

$$D_h = \frac{1,30 \cdot (a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

CASO CONDUCTO RECTANGULAR (AxB)

A partir del diámetro equivalente se calcula la velocidad real para el caudal de diseño de cada tramo para las secciones rectangulares elegidas y se modifica las dimensiones de las secciones de los distintos tramos para obtener la velocidad deseada en cada tramo.

Siempre teniendo en cuenta las limitaciones espaciales del falso techo (y cruces con otras líneas) y de las rejillas de impulsión dimensionadas que tendrán que caber de la manera que hayan sido dispuestas.

En la siguiente tabla se puede ver el resultado de lo explicado anteriormente:

Tramo	L (m)	Q (m3/h)	Q (m3/s)	Dteo (mm)	Steo (m2)	b (cm)	h (cm)	Sreal (m2)	Dh (mm)	V (m/s)
I1	5	14915	4.14	726.3	0.414	80	50	0.4	686.7	11.19
C1	2	13669	3.80	695.3	0.380	80	50	0.4	686.7	10.25
C2	1.75	7202	2.00	504.7	0.200	70	30	0.21	490.2	10.60
C3	1	6635	1.84	484.4	0.184	60	30	0.18	457.0	11.24
C4	1.37	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C5	1	5869	1.63	455.6	0.163	60	25	0.15	413.7	12.13
C6	0.5	1701	0.47	245.3	0.047	30	15	0.045	228.5	11.52
C7	2.5	1134	0.32	200.3	0.032	30	10	0.03	182.7	12.02
C8	2.5	567	0.16	141.6	0.016	15	10	0.015	133.2	11.30
C9	1	4168	1.16	383.9	0.116	60	20	0.12	365.3	11.05
C11	1.37	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C10	1	3402	0.95	346.9	0.095	50	20	0.1	337.0	10.59
C12	0.5	1701	0.47	245.3	0.047	30	15	0.045	228.5	11.52
C13	2.5	1134	0.32	200.3	0.032	30	10	0.03	182.7	12.02
C14	2.5	567	0.16	141.6	0.016	15	10	0.015	133.2	11.30
C15	2.5	1701	0.47	245.3	0.047	30	15	0.045	228.5	11.52
C16	2.5	1134	0.32	200.3	0.032	30	10	0.03	182.7	12.02
C17	2.5	567	0.16	141.6	0.016	15	10	0.015	133.2	11.30
C18	1.8	6467	1.80	478.3	0.180	70	30	0.21	490.2	9.52
C19	1	5900	1.64	456.8	0.164	70	20	0.14	390.6	13.68
C20	0.76	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C21	1	5134	1.43	426.1	0.143	70	20	0.14	390.6	11.90
C23	2	567	0.16	141.6	0.016	15	10	0.015	133.2	11.30
C22	1	4567	1.27	401.9	0.127	60	20	0.12	365.3	12.10
C25	0.76	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C24	1	3801	1.06	366.7	0.106	50	20	0.1	337.0	11.83
C26	0.75	3234	0.90	338.2	0.090	40	20	0.08	304.7	12.32
C28	0.76	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C27	1.5	2468	0.69	295.4	0.069	30	20	0.06	266.4	12.30
C30	2	567	0.16	141.6	0.016	15	10	0.015	133.2	11.30
C29	1.18	1901	0.53	259.3	0.053	25	20	0.05	244.1	11.29
C31	0.5	1334	0.37	217.2	0.037	20	20	0.04	218.6	9.87
C33	0.76	766	0.21	164.6	0.021	35	20	0.07	286.4	3.30
C32	1.25	568	0.16	141.7	0.016	25	20	0.05	244.1	3.37
S1	7.17	1246	0.35	209.9	0.035	20	15	0.03	188.9	12.36
S2	2	852	0.24	173.6	0.024	20	10	0.02	152.3	12.98
S3	1.7	64	0.02	47.6	0.002	15	5	0.0075	91.3	2.71
S4	0.8	788	0.22	166.9	0.022	20	10	0.02	152.3	12.01
S5	3	394	0.11	118.0	0.011	20	5	0.01	103.4	13.04

Tabla 27

Existen algunos tramos que resultan con velocidades inferiores a 6 m/s, pero no se puede reducir más la sección de dichos conductos para aumentar la velocidad porque entonces las rejillas a las que abastecen no cabrían.

3.5.2 Conductos Ventilación

El mismo procedimiento llevado a cabo en la red de impulsión se hace con la red de ventilación, produciendo el siguiente resultado:

Línea	L (m)	Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	D _{teo} (mm)	S _{teo} (m ²)	b (cm)	h (cm)	S _{real} (m ²)	D _h (mm)	V (m/s)
V1	1	3746	1.04	364.0	0.104	50	20	0.1	337.0	11.66
V2	8	2088	0.58	271.7	0.058	30	20	0.06	266.4	10.41
V3	2.8	1566	0.44	235.3	0.044	20	20	0.04	218.6	11.59
V4	2.9	1044	0.29	192.2	0.029	20	15	0.03	188.9	10.35
V5	2.8	522	0.15	135.9	0.015	20	10	0.02	152.3	7.96
V6	10.5	1658	0.46	242.2	0.046	20	20	0.04	218.6	12.27
V8	1	522	0.15	135.9	0.015	20	10	0.02	152.3	7.96
V7	1.5	1136	0.32	200.4	0.032	20	15	0.03	188.9	11.27
V9	2.5	1044	0.29	192.2	0.029	20	15	0.03	188.9	10.35
V10	3	522	0.15	135.9	0.015	20	10	0.02	152.3	7.96
V11	0.5	522	0.15	135.9	0.015	20	10	0.02	152.3	7.96

Tabla 28

Como ocurría con la impulsión, existen tramos que no podemos reducir más por la limitación de las rejillas.

3.5.3 Conductos Retorno

Línea	L (m)	Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	D _{teo} (mm)	S _{teo} (m ²)	b (cm)	h (cm)	S _{real} (m ²)	D _h (mm)	V (m/s)
R0	4.3	11169	3.10	628.5	0.310	60	50	0.3	598.1	11.04
R1	1	10008	2.78	594.9	0.278	50	50	0.25	546.6	11.85
R2	2.3	1161	0.32	202.6	0.032	30	10	0.03	182.7	12.31

Tabla 29

3.5.4 Conducto extracción cocina

Para la extracción de la campana de cocina se utiliza tubería de chapa de sección circular cuyo cálculo es igual, pero sin diámetro equivalente ya que realmente es circular.

Se obtiene:

Línea	L (m)	Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	D _{teo} (mm)	DN	D _{int} (mm)	V (m/s)
R0	2	3183	0.88	335.5	DN 12"	300	12.51

Tabla 30

3.6 Equilibrado de la red de impulsión

Una vez dimensionada la red de impulsión habrá que hacer un equilibrado de la misma. Como se verá más adelante, las pérdidas de carga (presión) desde un punto de la red hasta cualquier impulsión que tenga aguas abajo será igual independientemente del camino ya que parten de la misma presión y la presión de impulsión en todas ellas es común al ser la del local.

Esto es análogo al ámbito eléctrico donde la diferencia de potencial en dos resistencias eléctricas en paralelo será la misma, aunque los valores de dichas resistencias sean diferentes y lo que cambiará será la corriente que será mayor a través de la menor resistencia.

De este modo todos los caminos a todas las impulsiones tendrán la misma caída de presión y la distribución de los caudales dependerá de las resistencias de cada tramo.

Así que habrá que calcular las caídas de presión y las resistencias de todos los tramos y rejillas para después averiguar las resistencias que tendremos que añadir para equilibrar el sistema y conseguir tener la distribución de caudales deseada.

En primer lugar, se calcula (para los caudales deseados) las caídas de presión en cada tramo con la fórmula:

$$h = (f \cdot L \cdot v^2) / (D \cdot 2g) \text{ (mcf)}$$

Siendo:

D: Diámetro equivalente (m)

L: longitud de tramo equivalente (un 25% más que la real)

f: factor de fricción de Darcy

v: velocidad de cálculo (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Recordamos pasar de mcf a mmca multiplicando por la densidad del agua y dividiendo por 1000 para pasar a mm.

Lo siguiente es calcular las resistencias por cada tramo (mmca / (m²/s)) partiendo de la caída de presión para cada caudal y de dicho caudal al cuadrado.

$$R = h \text{ (mmca)} / Q^2$$

Por último, para calcular las resistencias de las rejillas hay que calcular su caída de presión que nos la da el fabricante en pascales (Pa) y pasarla a mmca para luego repetir el proceso y sacar las resistencias.

Recordar que las resistencias son intrínsecas a cada elemento ya que son por unidad de caudal y que las caídas de presión dependen del caudal.

Los resultados son los siguientes:

Tramo	hf (mcf)	hf (mmca)	R (mmca/(m3/s) ²)	Rejilla	ΔP (Pa)	h rejillas (mmca)	R rejillas (mmca/(m3/s) ²)	h total (mmca)
I1	1.45	1.74	0.10					1.74
C1	0.49	0.59	0.04					0.59
C2	0.64	0.77	0.19	RC1	49	4.99	201.36	5.76
C3	0.44	0.53	0.16					0.53
C4	0.08	0.10	2.20	RA1	45	4.59	101.32	4.69
C5	0.57	0.68	0.26					0.68
C6	0.46	0.56	2.49	RC2	49	4.99	201.36	5.55
C7	3.15	3.78	38.10	RC3	49	4.99	201.36	8.78
C8	3.82	4.58	184.72	RC4	49	4.99	201.36	9.58
C9	0.53	0.64	0.48					0.64
C11	0.08	0.10	2.20	RA2	45	4.59	101.32	4.69
C10	0.53	0.64	0.71					0.64
C12	0.46	0.56	2.49	RC5	49	4.99	201.36	5.55
C13	3.15	3.78	38.10	RC6	49	4.99	201.36	8.78
C14	3.82	4.58	184.72	RC7	49	4.99	201.36	9.58
C15	2.31	2.78	12.43	RC8	49	4.99	201.36	7.77
C16	3.15	3.78	38.10	RC9	49	4.99	201.36	8.78
C17	3.82	4.58	184.72	RC10	49	4.99	201.36	9.58
C18	0.53	0.64	0.20	RC11	49	4.99	201.36	5.63
C19	0.76	0.92	0.34					0.92
C20	0.05	0.06	1.22	RA3	45	4.59	101.32	4.64
C21	0.58	0.69	0.34					0.69
C23	3.05	3.67	147.78	RC12	49	4.99	201.36	8.66
C22	0.64	0.77	0.48					0.77
C25	0.05	0.06	1.22	RA4	45	4.59	101.32	4.64
C24	0.66	0.79	0.71	RC13	49	4.99	201.36	5.79
C26	0.60	0.71	0.89					0.71
C28	0.05	0.06	1.22	RA5	45	4.59	101.32	4.64
C27	1.36	1.63	3.46					1.63
C30	3.05	3.67	147.78	RC14	49	4.99	201.36	8.66
C29	0.98	1.18	4.22	RC15	49	4.99	201.36	6.17
C31	0.35	0.43	3.10					0.43
C33	0.05	0.06	1.22	RA6	45	4.59	101.32	4.64
C32	0.09	0.11	4.47	RT	66	6.73	270.26	6.84
S1	9.23	11.08	92.48	RS1	11	1.12	93.61	12.20
S2	3.53	4.23	75.54					4.23
S3	0.22	0.26	829.10	RO	3	0.31	967.60	0.57
S4	1.21	1.45	30.21	RS2	11	1.12	93.61	2.57
S5	7.86	9.43	787.01	RS3	11	1.12	93.61	10.55

Tabla 31

Lo siguiente es calcular el circuito resistente de la red sumando resistencias en serie y paralelo de la forma adecuada:

Serie:

$$R_{eq} = \sum R_i$$

Paralelo:

$$R_{eq} = \frac{1}{\left(\sum \sqrt{1/R_i}\right)^2}$$

Sumando tramos y rejillas de tal manera se obtiene una distribución de las resistencias equivalentes aguas abajo de cada tramo:

	R tramo	Rej	R Rej	R eq
I1	0.10			0.70
C1	0.04			0.69
C2	0.19	RC1	201.36	2.39
C3	0.16			2.74
C4	2.20	RA1	101.32	103.52
C5	0.26			3.65
C6	2.49	RC2	201.36	38.09
C7	38.10	RC3	201.36	105.99
C8	184.72	RC4	201.36	386.08
C9	0.48			6.89
C11	2.20	RA2	101.32	103.52
C10	0.71			11.37
C12	2.49	RC5	201.36	38.09
C13	38.10	RC6	201.36	105.99
C14	184.72	RC7	201.36	386.08
C15	12.43	RC8	201.36	48.03
C16	38.10	RC9	201.36	105.99
C17	184.72	RC10	201.36	386.08
C18	0.20	RC11	201.36	2.83
C19	0.34			3.35
C20	1.22	RA3	101.32	102.54
C21	0.34			4.39
C23	147.78	RC12	201.36	349.13
C22	0.48			5.09
C25	1.22	RA4	101.32	102.54
C24	0.71	RC13	201.36	7.42
C26	0.89			10.05
C28	1.22	RA5	101.32	102.54
C27	3.46			18.63
C30	147.78	RC14	201.36	349.13
C29	4.22	RC15	201.36	24.21
C31	3.10			42.61
C33	1.22	RA6	101.32	102.54
C32	4.47	RT	270.26	274.73
S1	92.48	RS1	93.61	120.07
S2	75.54			132.02
S3	829.10	RO	967.60	1796.70
S4	30.21	RS2	93.61	83.45
S5	787.01	RS3	93.61	880.63

Tabla 32

Ahora que se conoce las resistencias equivalentes en cada tramo se puede calcular los estados energéticos (en términos de presión) de los distintos puntos de la instalación y con ello deducir el caudal real circulante en cada tramo considerando un caudal impulsado desde la UTA del máximo, 14915 m³/h o 4.14 m³/s.

Con ello se tiene:

I0	10.23	mm.c.a	RC13	0.1738	m ³ /s
S1	0.2918	m ³ /s	C26	0.7779	m ³ /s
C1	3.8512	m ³ /s	C26S	5.54	mm.c.a
C1S	9.62	mm.c.a	C28	0.2325	m ³ /s
C2	2.0068	m ³ /s	C27	0.5454	m ³ /s
C18	1.8445	m ³ /s	C27S	4.51	mm.c.a
C18S	8.95	mm.c.a	C30	0.1137	m ³ /s
RC11	0.2109	m ³ /s	C29	0.4317	m ³ /s
C19	1.6336	m ³ /s	C29S	3.73	mm.c.a
C19S	8.04	mm.c.a	RC15	0.1360	m ³ /s
C20	0.2801	m ³ /s	C31	0.2957	m ³ /s
C21	1.3535	m ³ /s	C31S	3.45	mm.c.a
C21S	7.42	mm.c.a	C33	0.1836	m ³ /s
C23	0.1458	m ³ /s	C32	0.1121	m ³ /s
C22	1.2078	m ³ /s	C32S	3.40	mm.c.a
C22S	6.72	mm.c.a			
C25	0.2561	m ³ /s			
C24	0.9517	m ³ /s			
C24S	6.08	mm.c.a			
C2	2.0068	m ³ /s			
C2S	8.85	mm.c.a			
RC1	0.2097	m ³ /s			
C3	1.7971	m ³ /s			
C3S	8.35	mm.c.a			
C4	0.2840	m ³ /s			
C5	1.5131	m ³ /s			
C5S	7.76	mm.c.a			
C6	0.4515	m ³ /s			
C9	1.0616	m ³ /s			
C9S	7.23	mm.c.a			

S1	0.2918	m ³ /s	C6S	7.26	mm.c.a
S1S	2.35	mm.c.a	RC2	0.1898	m ³ /s
			C7	0.2617	m ³ /s
RS1	0.1584	m ³ /s	C7S	4.65	mm.c.a
			RC3	0.1519	m ³ /s
S2	0.1334	m ³ /s	C8	0.1097	m ³ /s
S2S	1.01	mm.c.a			
			C11	0.2642	m ³ /s
S3	0.0237	m ³ /s	C10	0.7973	m ³ /s
S4	0.1098	m ³ /s	C10S	6.77	mm.c.a
S4S	0.64	mm.c.a			
			C12	0.4218	m ³ /s
RS2	0.0828	m ³ /s	C15	0.3756	m ³ /s
S5	0.0270	m ³ /s			
			C12S	6.33	mm.c.a
			RC5	0.1773	m ³ /s
			C13	0.2444	m ³ /s
			C13S	4.06	mm.c.a
			RC6	0.1419	m ³ /s
			C14	0.1025	m ³ /s
			C15S	5.02	mm.c.a
			RC8	0.1579	m ³ /s
			C16	0.2176	m ³ /s
			C16S	3.22	mm.c.a
			RC9	0.1264	m ³ /s
			C17	0.0913	m ³ /s

Tabla 33

Recopilando los caudales resultantes por cada rejilla en una tabla se tiene:

Rejilla	Q (m ³ /s)	Q deseado (m ³ /s)
RC1	0.2097	0.1575
RC2	0.1898	0.1575
RC3	0.1519	0.1575
RC4	0.1097	0.1575
RC5	0.1773	0.1575
RC6	0.1419	0.1575
RC7	0.1025	0.1575
RC8	0.1579	0.1575
RC9	0.1264	0.1575
RC10	0.0913	0.1575
RC11	0.2109	0.1575
RC12	0.1458	0.1575
RC13	0.1738	0.1575
RC14	0.1137	0.1575
RC15	0.1360	0.1575
RA1	0.2840	0.2128
RA2	0.2642	0.2128
RA3	0.2801	0.2128
RA4	0.2561	0.2128
RA5	0.2325	0.2128
RA6	0.1836	0.2128
RT	0.1121	0.1578
RS1	0.1584	0.1094
RS2	0.0828	0.1094
RS3	0.0270	0.1094
RO	0.0237	0.0178
	4.1431	4.1431

Tabla 34

Así pues, pese a ser la suma de caudales idéntica, por las rejillas salen caudales diferentes a los deseados por lo que habrá que calcular qué resistencia hay que imponer a qué rejillas y conductos para equilibrar el sistema.

Para ello se basa en la imposición de que la caída de presión en ambos ramales de una derivación ha de ser igual. Empezamos desde los puntos de impulsión y vamos calculando subiendo aguas arriba, aumentando la h (mmca) del ramal con h menor de las dos para igualarla a la otra añadiendo una resistencia a dicho ramal o rejilla.

Las resistencias a añadir a los distintos tramos y rejillas son las siguientes:

Rejilla	R a introducir (mmca/(m3/s)^2)	Conducto	R a introducir (mmca/(m3/s)^2)
RC1	549.11	I1	
RA1		C1	0.51
RC2	337.13	C2	
RC3	184.72	C3	
RC4		C4	296.01
RA2		C5	
RC5	337.13	C6	15.66
RC6	184.72	C7	
RC7		C8	
RC8	337.13	C9	
RC9	184.72	C11	266.89
RC10		C10	
RC11	369.97	C12	9.95
RA3		C13	
RC12		C14	
RA4		C15	
RC13	242.19	C16	
RA5		C17	
RC14		C18	1.42
RC15	91.51	C19	
RA6		C20	190.27
RT		C21	
RS1	1261.08	C23	157.34
RO		C22	
RS2	787.01	C25	158.03
RS3		C24	
		C26	
		C28	124.71
		C27	
		C30	
		C29	0.78
		C31	
		C33	48.52
		C32	
		S1	
		S2	
		S3	36158.89
		S4	
		S5	

Tabla 35

Sumando las resistencias añadidas en sus respectivos sitios considerando las condiciones de suma en serie y paralelo se sacan las resistencias equivalentes recalculadas de tramos y rejillas y se recalculan los caudales por rejilla como hemos hecho anteriormente. Sale, considerando que la UTA impulsa exactamente el caudal de diseño, un sistema perfectamente equilibrado donde cada rejilla impulsa exactamente el caudal que ha de impulsar:

Rejilla	Q (m ³ /s)	Q deseado (m ³ /s)
RC1	0.1575	0.1575
RC2	0.1575	0.1575
RC3	0.1575	0.1575
RC4	0.1575	0.1575
RC5	0.1575	0.1575
RC6	0.1575	0.1575
RC7	0.1575	0.1575
RC8	0.1575	0.1575
RC9	0.1575	0.1575
RC10	0.1575	0.1575
RC11	0.1575	0.1575
RC12	0.1575	0.1575
RC13	0.1575	0.1575
RC14	0.1575	0.1575
RC15	0.1575	0.1575
RA1	0.2128	0.2128
RA2	0.2128	0.2128
RA3	0.2128	0.2128
RA4	0.2128	0.2128
RA5	0.2128	0.2128
RA6	0.2128	0.2128
RT	0.1578	0.1578
RS1	0.1094	0.1094
RS2	0.1094	0.1094
RS3	0.1094	0.1094
RO	0.0178	0.0178
	4.1431	4.1431

Tabla 36

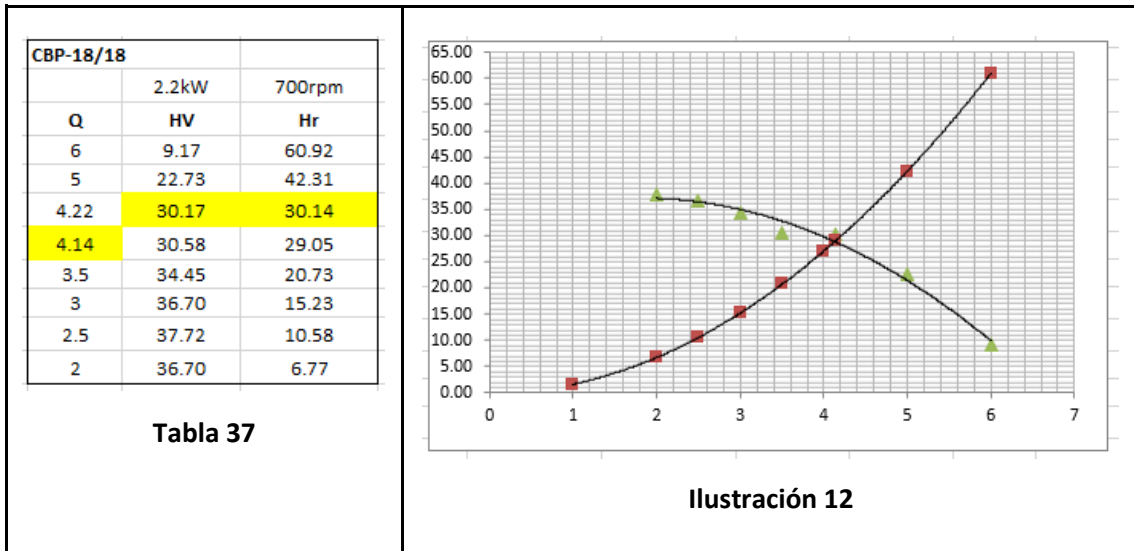
Anteriormente se ha calculado la resistencia total equivalente que era de **R = 0.7 mmca / (m²/s)** y con ella podíamos hallar la curva resistente de la instalación multiplicando este valor por tantos valores de caudal total elevado al cuadrado como punto de la curva se quiera representar. Sin embargo, al introducir las resistencias para equilibrar las cargas, la curva resistente ha cambiado y ahora se tiene una resistencia equivalente de **R = 1.69 mmca / (m²/s)**:

Se quiere impulsar un total de $Q = 14915 \text{ m}^3/\text{h} = 4.14 \text{ m}^3/\text{s}$, punto que en nuestra curva resistente estaría a:

$$H = Req * Q^2 = 29.05 \text{ mmca.}$$

De este modo se busca una bomba cuyas curvas (para diferentes regímenes) recojan entre ellas dicho punto.

Se encuentra un ventilador comercial marca S&P modelo CBP - 18/18 que se ve que su curva a 700rpm (2.2 kW) contiene un punto muy parecido, por lo que representándola junto con la curva resistente se obtiene:



(Caudales en m³/s y alturas en mmca)

Como se puede ver, se cruzan cerca del punto de funcionamiento y probando un poco se observa que se trata del punto de caudal $Q = 4.22 \text{ m}^3/\text{s}$ (donde para un mismo caudal se igualan la altura que da el ventilador con la altura resistente).

Para ser rigurosos se introduce este caudal como caudal de trabajo y recalculando se obtiene, en la red equilibrada, la siguiente distribución con caudales equilibrados y ligeramente superiores:

Rejilla	Q (m ³ /s)	Q obj (m ³ /s)
RC1	0.1604	0.1575
RC2	0.1604	0.1575
RC3	0.1604	0.1575
RC4	0.1604	0.1575
RC5	0.1604	0.1575
RC6	0.1604	0.1575
RC7	0.1604	0.1575
RC8	0.1604	0.1575
RC9	0.1604	0.1575
RC10	0.1604	0.1575
RC11	0.1604	0.1575
RC12	0.1604	0.1575
RC13	0.1604	0.1575
RC14	0.1604	0.1575
RC15	0.1604	0.1575
RA1	0.2167	0.2128
RA2	0.2167	0.2128
RA3	0.2167	0.2128
RA4	0.2167	0.2128
RA5	0.2167	0.2128
RA6	0.2167	0.2128
RT	0.1607	0.1578
RS1	0.1115	0.1094
RS2	0.1115	0.1094
RS3	0.1115	0.1094
RO	0.0181	0.0178
	4.2200	4.1431

Tabla 38

3.7 Dimensionado de rejillas

Una vez dimensionadas las redes de conductos, se puede pasar a dimensionar las unidades terminales que forman parte de estas. Utilizando unas tablas de fabricante para, mediante el caudal de diseño, mayorar a caudal nominal y elegir de entre las diferentes combinaciones de base por altura, la que de lugar a menores pérdidas (la más grande y cuadrada) pero que quepa dentro de la parte del conducto de la que sale.

IMPULSIÓN	Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)	b (mm)	h (mm)	ΔP (Pa)
	RC	Comedor	Horizontal	567	15	8505	325	125	49
	RA	Comedor cristal	Vertical	766	6	4596	325	165	45
	RT	Entrada	Vertical	568	1	568	225	165	66
	RS	Pasillo z. servicio	Horizontal	394	3	1182	425	125	11
	RO	Oficina	Horizontal	64	1	64	225	125	3
						14915			
VENTILACIÓN	Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)	b (mm)	h (mm)	ΔP (Pa)
	RV	Aseos + Barra	Horizontal	522	7	3654	425	125	20
	RVV	Vestuario	Horizontal	92	1	92	225	125	2
						3746			
RETORNO	Nombre	Zona	Orientación	Q diseño por unidad (m3/h)	Uds	Q diseño total (m3/h)	b (mm)	h (mm)	ΔP (Pa)
	RRS	Pasillo z. servicio	Horizontal	1161	1	1161	425	225	20
	RR	Comedor	Horizontal	1251	6	7506	425	225	27
	RRC	Salón cristal	Vertical	1251	2	2502	425	225	27
						11169			

Tabla 39

3.8 Cálculo de equipos de producción de frío y calor

Necesitamos una máquina de frío de nos proporcione las siguientes potencias:

	Potencia total (kW)	Potencia sensible (kW)
FRÍO	85.42	55.456
CALOR	36.93	22.284

Tabla 41

4. INSTALACIÓN FRÍO

4.1 Descripción

El restaurante dispone de 2 cámaras frigoríficas, una de refrigeración (4°C) y otra de congelación (-18°C), a la que se accede mediante una puerta en el interior de la cámara de conservación. Para el cálculo de la carga térmica y la correspondiente potencia necesaria de frío hemos de tomar el día de temperatura más extrema de verano para un percentil de 0.4% que es a 32.9°C.

La localización y orientación de las cámaras es la mostrada en la siguiente figura:

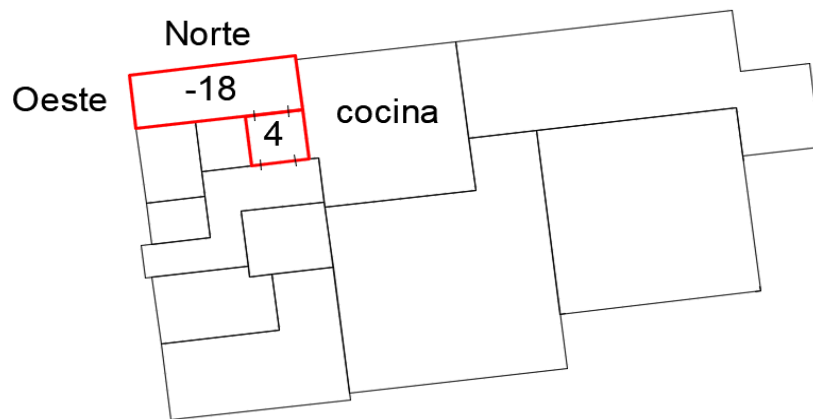


Ilustración 13

4.2 Cálculo potencia frigorífica

Para el cálculo de la potencia frigorífica necesaria tenemos que fijar una serie de condiciones de diseño que introduciremos al subprograma de cálculo Balance (para cálculo de cámaras frigoríficas) dentro del programa FRÍO de ATECYR. Las condiciones de diseño son las siguientes:

		Refrigeración	Congelación
GEOMETRÍA	Altura (m)	2.5	2.5
	Superficie (m ²)	4.2	12.58
	Volumen (m ³)	10.5	31.45
FUNCIONAM	Temperatura diseño (°C)	4	-18
	Desescarche (h/día)	2	4
PRODUCTO	Densidad almacenam. (kg/m ³)	250	250
	T entrada producto (°C)	20	-5
	% entrada diario	50	10
RENOVACIÓN	Renov/ día	61.34	25.37
	Aire renov (°C)	Zona Privada	Cámara refriger.
	T renov (°C)	25	4
OTRAS CARGAS	Pérdidas diseño paredes (W/m ²)	8	6
	Carga ilumin (W/m ²)	3	1
	Carga ventilador (%)	5	6
	Coef. mayoración (%)	10	10

Tabla 40

Las temperaturas de diseño son estándar para ambos usos y se estima un tiempo medio de desescarche diario que es mayor en congelación al producirse más escarcha.

Se impone una pérdida de calor máximo por unidad de superficie por las paredes habitual para cada tipo de cámara.

Para las características del producto a conservar se elige un genérico del programa con sus características de transmisión de calor, respiración, etc. Se estima también una temperatura media de la entrada del producto que se encuentra entre la temperatura exterior y la interior de cada cámara (algunos productos pueden entrar ya fríos y otros a temperatura cercana a la de ambiente). Por otro lado, se estima que cada día se gasta y se repone un 50% del producto en la cámara de refrigeración y un 10% en la de congelación.

Para la pérdida por apertura de puertas (renovación) se estima una mayor frecuencia para la cámara de refrigeración que la de congelación siendo la temperatura del aire que se intercambia el del local que de a la puerta de la cámara. Esta frecuencia de acceso a cada cámara también se ve reflejado en que la carga de iluminación por unidad de superficie es el triple en refrigeración que en congelación.

Para las pérdidas máximas por los cerramientos (W/m²) que se han impuesto el programa calcula los siguientes espesores de aislamiento para cada cerramiento:

		Refrigeración	Congelación
AISLAMIEN. (cm)	Techo	7.5	18
	Suelo	5	15
	Pared Norte	7.5	20
	Pared Oeste	7.5	23
	Pared Sur	7.5	15
	Pared Este	7.5	20

Tabla 41

Una vez ejecutados los cálculos en el programa se obtiene los siguientes resultados y con ello la potencia térmica necesaria para cada máquina a instalar:

	Carga productos (kW)	Pérdida cerram (kW)	Pérdida renov (kW)	Resto cargas (kW)	Mayoración y desescarche (kW)	Potencia necesaria (kW)
Refrigeración	1.25	0.165	0.317	0.098	0.37	2.2
Congelación	2.85	0.38	0.292	0.228	1.2	4.95

Tabla 42

5. INSTALACIÓN AGUA FRÍA

Se parte de un abastecimiento de la red de agua a 30 mca y al tener una sola planta no hará falta de la ayuda de ningún grupo de bombeo para abastecer a todos los aparatos y sobrarán con la presión de red como se verá más adelante.

5.1 Distribución y colocación de elementos

5.1.1 Tuberías

Las tuberías de fontanería discurrirán horizontalmente por el falso techo hacia cada cuarto húmedo y de ahí irán derivando horizontalmente hasta dentro de los muros a la altura de cada aparato desde donde bajarán verticalmente al correspondiente aparato.

En ocasiones, cuando la geometría o la instalación lo requiera, entrará una tubería por el muro y discurrirá horizontalmente por este, derivando verticalmente a los aparatos de un mismo cuarto húmedo. Esto ocurre, por ejemplo, en la barra; donde tenemos grifos en la barra que no tiene un muro hasta el techo así que no se puede derivar una tubería directamente desde arriba y hemos de introducirla en la pared y conducirla por ella mediante tramos horizontales y verticales.

Por otro lado, existen llaves de aislamiento a la entrada de todos los cuartos húmedos, intentando que aguas abajo de cada llave solamente haya un cuarto húmedo para evitar la falta de suministro de un cuarto húmedo cuando haya una avería o intervención en otro. Sin embargo, la barra supone una excepción ya que está aguas abajo de la llave de corte de la cocina, pero implicaba poner un tramo de tubería redundante muy largo y se decidió dejarlo así.

Otro criterio de diseño es que ningún nudo tiene más de 3 ramales, 1 de entrada y 2 de salida, evitando que salgan más de 2 tuberías de un nudo. Esto es para evitar acoples de 4 ramales y para evitar situaciones anómalas en cuanto a comportamiento de fluidos y cálculo.

También se ha tratado de utilizar ángulos rectos para tener una red más ordenada y limpia y sobre todo se ha evitado disponer de codos de menos de 90º por tener muchas pérdidas dinámicas.

5.1.2 Acometida

Se pincha una tubería desde la red de distribución de agua, que suministra a una presión de 30mca, desde la fachada oeste. Desde aquí una tubería llega hasta la hornacina donde se encuentran, accesibles, una serie de elementos importantes de la instalación.

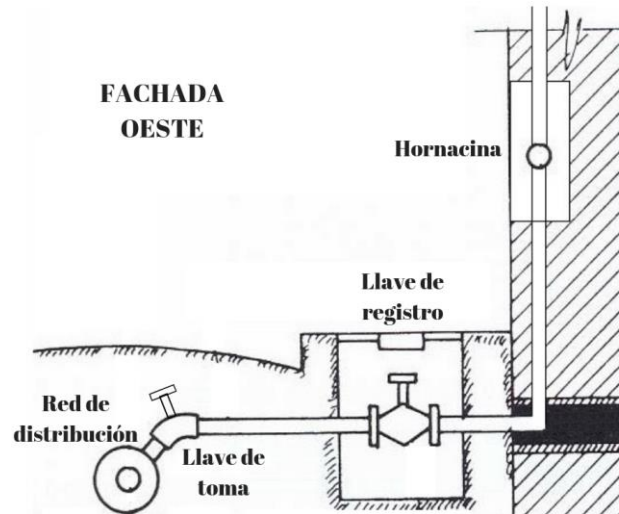


Ilustración 14

En la hornacina tenemos los siguientes elementos:

- Llave de paso
- Filtro. También puede ponerse un bypass con llave para operaciones de mantenimiento o colocar otro filtro en dicho bypass.
- Contador. Único y general para todo el restaurante
- Grifo de comprobación.
- Válvula antirretorno (o de retención)
- Llave de corte. Para mantenimiento o sustitución de algún elemento.

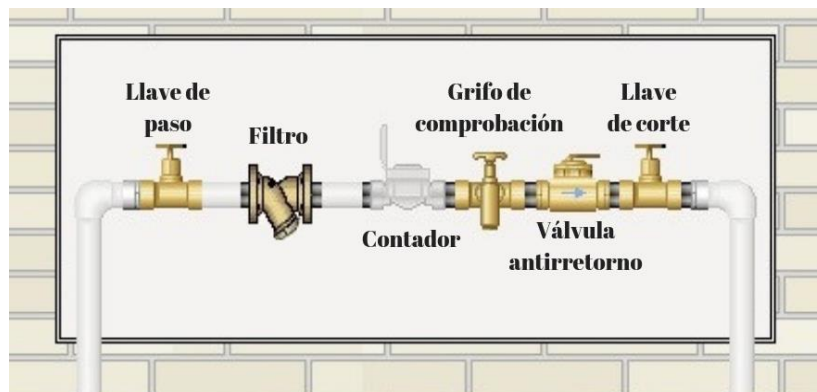


Ilustración 15

5.2 Cálculo demanda caudal

Para el cálculo de la demanda de caudal de cada tramo se ha de empezar por conocer el caudal instantáneo de cada aparato que según el código técnico para cada uno de nuestros aparatos es:

	Q agua fría l/s
Lavabo	0.1
Inodoro	0.1
Urinario	0.04
Ducha	0.2
Fregadero no doméstico	0.2
Lavavajillas industrial	0.25

Tabla 43

Conociendo los caudales máximos de cada aparato, se calcula el caudal máximo (caudal instalado) para cada tramo. Después de esto se determina el coeficiente de simultaneidad de cada tramo que depende del número de aparatos aguas arriba de cada uno y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k_n = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + 0,035 \cdot \alpha \cdot [1 + \log(\log(n))]$$

n = número de aparatos aguas arriba

α = factor corrector de simultaneidad

Utilizamos $\alpha = 3$ como en hoteles y hospitales para nuestro cálculo, en la siguiente tabla se pueden ver los valores del coeficiente de simultaneidad para los diferentes factores de corrección dependiendo del número de aparatos instalados aguas arriba.

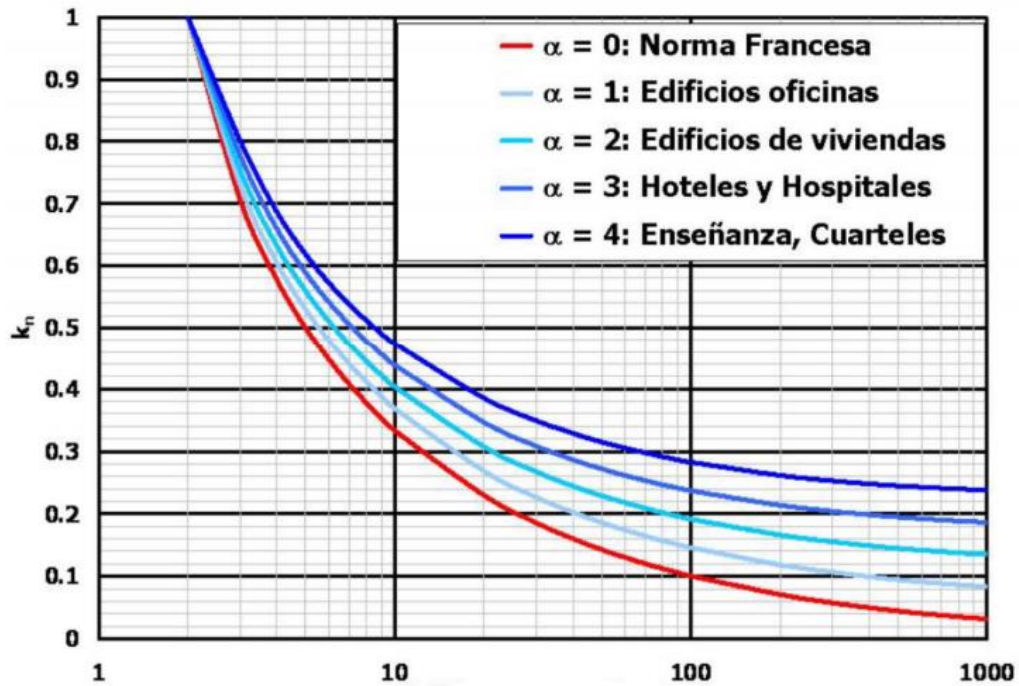


Ilustración 16

n (número de aparatos)

De este modo no se dimensiona para el caudal máximo posible, sino que dicha simultaneidad permitirá utilizar un diámetro más realista al resultar un caudal de simultaneidad igual o menor al máximo teórico. Se puede ver los resultados en las siguientes tablas y observar que para 2 aparatos o menos la fórmula resulta siempre en un caudal de diseño igual al caudal máximo.

Así pues, el caudal de cálculo para cada tramo será:

$$Q = kn \cdot Q_{inst}$$

Q = caudal de diseño (l/s)

Q_{inst} = caudal instalado aguas arriba del tramo (l/s)

Kn = coeficiente de simultaneidad

5.3 Dimensionado tuberías

Ahora se pasa a calcular el diámetro interior teórico de cada tramo a partir del caudal de diseño y se impone una velocidad de diseño que será:

$v = 0.6$ m/s para aseos, vestuarios y zona de cafetería

$v = 1$ m/s para cocina y pasillo privado

A menor velocidad, menores pérdidas y menor ruido, pero mayor diámetro de tuberías (más coste y más espacio) y mayor probabilidad de que se produzcan deposiciones calcáreas en las tuberías. La razón por la que ciertas zonas se diseñan a 0.6 m/s en lugar de 1 m/s es por ser zonas donde es más importante tener menos ruido.

Sabiendo que en tuberías de sección circular el caudal es el producto de la velocidad por la sección interior, se despeja el diámetro interior y se calcula para cada tramo.

$$Q = V \cdot A = V \frac{\pi D^2}{4} \quad \xrightarrow{\text{Despejando}} \quad D_{\text{calc}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{calc}}}{\pi V_{\text{dis}}}}$$

Se mayor el diámetro teórico calculado a el diámetro nominal más próximo para tuberías multicapa y se recalcula la velocidad real para este diámetro comprobando que sea mayor que 0.5 l/s por las deposiciones calcáreas mencionadas con anterioridad, de lo contrario iríamos a un diámetro más estrecho. El proceso y los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

PROYECTOS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL, CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN, AGUA CALIENTE SANITARIA, FONTANERÍA Y SANEAMIENTO DE EDIFICIO DESTINADO A RESTAURANTE Y SALÓN DE EVENTOS DE 400M2 SITO EN VALENCIA (ESPAÑA)

AGUA FRIA	Tramo	Q instalado aguas abajo (l/s)	Aparatos aguas abajo	k simult	Q cálculo (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D interior (mm)	V real (m/s)	L (m)
Aseo Fem												
	AF-AF1	0.5	5	0.59	0.29	0.6	24.99	multicapa	32	26	0.55	0.58
	AF1-AF2	0.3	3	0.78	0.23	0.6	22.26	multicapa	25	20	0.74	2.58
	AF2-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AF2-AF3	0.2	2	1	0.20	0.6	20.60	multicapa	32	26	0.38	1.06
	AF3-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AF3-AF4	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.31
	AF4-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AF1-AF5	0.2	2	1	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	2.26
	AF5-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AF5-AF6	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.68
	AF6-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
Aseo Mas												
	AH-AH1	0.38	5	0.59	0.22	0.6	21.79	multicapa	25	20	0.71	2.15
	AH1-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AH1-AH2	0.28	4	0.66	0.18	0.6	19.79	multicapa	25	20	0.59	0.65
	AH2-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AH2-AH3	0.18	3	0.78	0.14	0.6	17.24	multicapa	20	15.5	0.74	0.72
	AH3-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AH3-AH4	0.08	2	1	0.08	0.6	13.03	multicapa	18	14	0.52	2.66
	AH4-UR	0.04	1	1.00	0.04	0.6	9.21	multicapa	16	12	0.35	1.8
	AH4-AH5	0.04	1	1.00	0.04	0.6	9.21	multicapa	16	12	0.35	0.63
	AH5-UR	0.04	1	1.00	0.04	0.6	9.21	multicapa	16	12	0.35	1.8
Aseos Min												
	AM-AM1	0.2	2	1	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	0.87
	AM1-AM2	0.2	2	1	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	0.26
	AM2-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AM1-AM3	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	2.49
	AM3-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
Vestuario												
	V-V1	0.4	3	0.78	0.31	0.6	25.70	multicapa	32	26	0.59	0.87
	V1-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	V1-V2	0.3	2	1	0.30	0.6	25.23	multicapa	32	26	0.57	0.93
	V2-IN	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	V2-V3	0.2	1	1.00	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	3.47
	V3-D	0.2	1	1.00	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	1.80

PROYECTOS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL, CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN, AGUA CALIENTE SANITARIA, FONTANERÍA Y SANEAMIENTO DE EDIFICIO DESTINADO A RESTAURANTE Y SALÓN DE EVENTOS DE 400M2 SITO EN VALENCIA (ESPAÑA)

Cocina-Barra												
CO-CO1	1.9	10	0.44	0.83	1	32.56	multicapa	50	41	0.63	0.22	
CO1-CO2	0.95	4	0.66	0.63	1	28.24	multicapa	40	32	0.78	2.50	
CO2-LV	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80	
CO2-CO3	0.7	3	1	0.70	1	29.85	multicapa	40	32	0.87	0.81	
CO3-LV	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80	
CO3-CO4	0.45	2	1.05	0.47	1	24.53	multicapa	32	26	0.89	1.08	
CO4-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80	
CO4-CO5	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.13	
CO5-LV	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80	
CO1-CO6	0.95	6	0.54	0.51	1	25.58	multicapa	32	26	0.97	3.44	
CO6-CO7	0.4	2	1	0.40	1	22.57	multicapa	32	26	0.75	0.78	
CO7-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80	
CO7-CO8	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	0.60	
CO8-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80	
CO6-CO9	0.55	4	0.66	0.36	1	21.49	multicapa	32	26	0.68	5.40	
CO9-CO10	0.1	1	1.00	0.10	1	11.28	multicapa	16	12	0.88	1.71	
CO10-LB	0.1	1	1.00	0.10	1	11.28	multicapa	16	12	0.88	1.80	
CO9-CA	0.45	3	0.78	0.35	1	21.12	multicapa	32	26	0.66	0.25	
CA-CA1	0.45	3	0.78	0.35	1	21.12	multicapa	32	26	0.66	0.14	
CA1-CA2	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	8.01	
CA2-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.10	
CA1-CA3	0.35	2	1	0.35	0.6	27.25	multicapa	32	26	0.66	6.65	
CA3-CA4	0.25	1	1.00	0.25	0.6	23.03	multicapa	25	20	0.80	0.14	
CA4-H	0.25	1	1.00	0.25	0.6	23.03	multicapa	25	20	0.80	1.80	
CA3-CA5	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	8.19	
CA5-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.10	

Pasillos												
1-2	5.83	41	0.28	1.66	1	45.99	multicapa	63	51	0.81	0.30	
2-DEP	2.45	16	0.37	0.91	1	34.05	multicapa	50	41	0.69	0.90	
2-3	5.83	41	0.28	1.66	1	45.99	multicapa	63	51	0.81	1.90	
3-ST	2.45	16	0.37	0.91	1	34.05	multicapa	50	41	0.69	0.11	
3-4	3.38	25	0.32	1.10	1	37.36	multicapa	50	41	0.83	1.51	
4-AF	0.5	5	0.59	0.29	1	19.36	multicapa	25	20	0.94	0.76	
4-5	2.88	20	0.35	1.00	1	35.64	multicapa	50	41	0.76	0.24	
5-V	0.4	3	0.78	0.31	1	19.91	multicapa	25	20	0.99	0.25	
5-6	2.48	17	0.36	0.90	1	33.92	multicapa	50	41	0.68	0.82	
6-CO	1.9	10	0.44	0.83	1	32.56	multicapa	50	41	0.63	8.97	
6-7	0.58	7	0.51	0.29	1	19.32	multicapa	25	20	0.93	0.34	
7-AH	0.38	5	0.59	0.22	1	16.88	multicapa	25	20	0.71	2.34	
7-AM	0.2	2	1	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	0.96	

Tabla 44

Obsérvese que las casillas resaltadas en amarillo han sido modificadas a mano para cumplir los criterios de:

$$kn \leq 1$$

$$v_{real} \geq 0.5 \text{ m/s}$$

Por otro lado, en la red de pasillos podemos observar dos tramos de igual caudal de cálculo:

2-DEP

3-ST

Estos tramos representan el abastecimiento de agua fría del calentador de apoyo de agua caliente sanitaria (en adelante ACS) y del sistema de energía solar térmica.

El considerar que los dos tramos estén abiertos a la vez sería una pesadilla de cálculo porque para una determinada demanda instantánea de ACS, ¿qué porcentaje de demanda entra a la caldera desde el depósito (que a su vez toma el agua de los depósitos de las placas) y qué porcentaje entra directamente desde el agua fría? teniendo en cuenta, además, que las placas se abastecen también de la red de agua fría.

Lo ideal, en este caso, es que la caldera de apoyo siempre tome el agua del depósito de acumulación, que a su vez la toma de los depósitos acumuladores de las placas solares, que a su vez tomarán agua fría de la red y mantener la llave de paso de la toma de agua fría de la caldera cerrada siempre.

De este modo el agua fría siempre pasará primero por todo el circuito de solar térmica, aun cuando no esté a temperatura, lo que simplifica mucho el funcionamiento.

Por otro lado, en lugar de quitar por completo la toma de agua fría de la caldera, se deja por si ocurriese el evento de una avería o intervención en el circuito de solar térmica para que la caldera pueda tomar agua fría directamente, cerrando las llaves de corte de solar térmica y abriendo la de agua fría para la caldera.

5.4 Cálculo presión

A continuación, hay que determinar el punto de mínima presión (punto más desfavorable) de la red. Cuanto más largo sea un recorrido y más velocidad de diseño tenga, más pérdidas de presión tendrá así que debemos cerciorarnos de que la presión en cualquier aparato (cota 1m) no baje de los 10mca ni de los 15mca a la entrada de cada cuarto húmedo (cota 3m).

De este modo se podrá determinar si es posible suministrar directamente con la presión de red o si por el contrario es necesaria e la ayuda de un equipo de bombeo. Al tratarse de una sola planta parece evidente que sobraré con la presión de red, pero se calcula igualmente por si acaso.

Se aplica Bernoulli desde la acometida hasta el lavabo más alejado, que está en la barra, teniendo en cuenta pérdidas por fricción en las conducciones, diferencias de cota y pérdidas en elementos singulares.

Longitud equivalente		30%	1,30	Agua fría en DIRECTO																
Rugosidad tubería		0.1	mm																	
Viscosidad cinemática		0	m ² /s	Punto más desfavorable CAFETERIA CA5-LB																
Nombre tramo	Q cálculo (l/s)	V dis (m/s)	D teo (mm)	Material	DN (mm)	D int (mm)	V (m/s)	Lrea l (m)	Lcál (m)	Re	f	hf Tramo (mca)	J tramo (mmca/m)	k	hloc (mca)	hloc fija (mca)	Aport. Energía (mca)	Cota (m)	Altura piezom. (mca)	P (mca)
RGD																	30	0	30,00	30,0
Acomet	1,03	1,00	36,2	PE100 PN10	63	51	0,50	2	2,6	23315	0,029	0,019	7				0	0	29,98	30,0
Tubo alimentación	1,03	1,00	36,2	Ac. Galv	63	51	0,50	2	2,6	23315	0,029	0,019	7				0	0	29,96	30,0
Filtro	1,03									0							0	0	29,96	30,0
Tubo pre-contador	1,03	1,00	36,2	Ac. Galv	63	51	0,50	1	1,3	23315	0,029	0,010	7				0	0	29,95	30,0
Contador general	1,03	1,00	36,2		63	51	0,50			0						0,28	0	0	29,68	29,7
Tubo post-contador	1,03	1,00	36,2	Ac. Galv	150	155,1	0,05	2	2,6	7667	0,034	0,000	0				0	0	29,68	29,7
Valvula retencion general	1,03	1,00	36,2			51	0,50			0					5	0,06	0	0	29,61	29,6
1-2	1,66	1,00	45,99	Multicapa	63	51	0,81	0,30	0,39	37698	0,028	0,007	18				0	3,00	29,60	26,6
2-3	1,66	1,00	45,99	Multicapa	63	51	0,81	1,90	2,47	37698	0,028	0,045	18				0	3,00	29,56	26,6
3-4	1,10	1,00	37,36	Multicapa	50	41	0,83	1,51	1,96	30955	0,029	0,049	25				0	3,00	29,51	26,5
4-5	1,00	1,00	35,64	Multicapa	50	41	0,76	0,24	0,31	28166	0,029	0,007	21				0	3,00	29,50	26,5
5-6	0,90	1,00	33,92	Multicapa	50	41	0,68	0,82	1,07	25517	0,030	0,019	17				0	3,00	29,49	26,5
6-CO	0,83	1,00	32,56	Multicapa	50	41	0,63	8,97	11,66	23512	0,030	0,174	15				0	3,00	29,34	26,3
CO-CO1	0,83	1,00	32,56	Multicapa	50	41	0,63	0,22	0,29	23512	0,030	0,004	15				0	3,00	29,33	26,3
CO1-CO6	0,51	1,00	25,58	Multicapa	32	26	0,97	3,44	4,47	22871	0,033	0,269	60				0	3,00	29,06	26,1
CO6-CO9	0,36	1,00	21,49	Multicapa	32	26	0,68	5,40	7,02	16141	0,034	0,219	31				0	3,00	28,84	25,8
CO9-CA	0,35	1,00	21,12	Multicapa	32	26	0,66	0,25	0,33	15593	0,034	0,010	29				0	3,00	28,83	25,8
CA-CA1	0,35	1,00	21,12	Multicapa	32	26	0,66	0,14	0,18	15593	0,034	0,005	29				0	3,00	28,83	25,8
CA1-CA3	0,35	0,60	27,25	Multicapa	32	26	0,66	6,65	8,65	15582	0,034	0,253	29				0	3,00	28,58	25,6
CA3-CA5	0,10	0,60	14,57	Multicapa	20	15,5	0,53	8,19	10,65	7468	0,042	0,412	39				0	1,00	28,17	27,2
CA5-LB	0,10	0,60	14,57	Multicapa	20	15,5	0,53	0,10	0,13	7468	0,042	0,005	39				0	1,00	28,16	27,2

Tabla 45

Como se puede observar, la presión en el punto de consumo más desfavorable es de 27.2mca, mayor que el mínimo de 10mca y menor que el máximo de 50mca que impone el CTE - HS4.

6. INSTALACIÓN AGUA CALIENTE SANITARIA

6.1 Red de distribución

Para la red de tuberías de ACS seguimos exactamente los mismos criterios descritos en el apartado 5.1 de agua fría y con llaves de aislamiento a la entrada de todos los cuartos húmedos.

6.1.1 Sistema de distribución

Hacemos llegar tuberías a todos los aparatos que demanden agua caliente. Las tuberías serán igualmente de multicapa recubiertas de aislamiento

6.1.2 Cálculo demanda caudal

Para el cálculo de la demanda de caudal de cada tramo hay que empezar por conocer el caudal instantáneo de cada aparato. Según el código técnico para cada aparato la demanda es menor que la de agua fría, sin embargo, es una práctica habitual dimensionarlos para el mismo caudal que agua fría resultando en el mismo tamaño por simplificar.

Se calculan, pues, los caudales de los distintos tramos siguiendo los mismos criterios de simultaneidad que en agua fría para poder pasar al dimensionado.

6.1.3 Dimensionado de tuberías

El dimensionado de las tuberías de ACS es análogo al de agua fría obteniéndose los siguientes resultados:

AGUA CALIENTE	Tramo	Q instalado aguas abajo (l/s)	Aparatos aguas abajo	k simult	Q cálculo (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D interior (mm)	V real (m/s)	L (m)
Aseo Muj												
	AF-AF1	0.2	2	1	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	2.84
	AF1-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AF1-AF2	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.68
	AF2-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
Aseo Hom												
	AH-AH1	0.2	2	1	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	2.80
	AH1-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	AH1-AH2	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.72
	AH2-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
Aseos Min												
	AM-AM1	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	3.36
	AM1-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
Vestuario												
	V-V1	0.3	2	1	0.30	0.6	25.23	multicapa	32	26	0.57	0.87
	V1-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	1.80
	V1-V2	0.2	1	1.00	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	4.40
	V2-D	0.2	1	1.00	0.20	0.6	20.60	multicapa	25	20	0.64	1.80
Cocina-Barra												
	CO-CO1	1.65	9	0.46	0.75	1	30.97	multicapa	40	32	0.94	0.22
	CO1-CO2	0.95	4	0.66	0.63	1	28.24	multicapa	40	32	0.78	2.50
	CO2-LV	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80
	CO2-CO3	0.7	3	0.78	0.54	1	26.34	multicapa	40	32	0.68	0.81
	CO3-LV	0.25	1	1	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80
	CO3-CO4	0.45	2	1.05	0.47	1	24.53	multicapa	32	26	0.89	1.08
	CO4-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80
	CO4-CO5	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.13
	CO5-LV	0.25	1	1.00	0.25	1	17.84	multicapa	25	20	0.80	1.80
	CO1-CO6	0.7	5	0.59	0.41	1	22.91	multicapa	32	26	0.78	3.44
	CO6-CO7	0.4	2	1.05	0.42	1	23.13	multicapa	32	26	0.79	0.78
	CO7-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80
	CO7-CO8	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	0.60
	CO8-LA	0.2	1	1.00	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	1.80
	CO6-CO9	0.3	3	0.78	0.23	1	17.24	multicapa	25	20	0.74	5.40
	CO9-CO10	0.1	1	1.00	0.10	1	11.28	multicapa	16	12	0.88	1.71
	CO10-LB	0.1	1	1.00	0.10	1	11.28	multicapa	16	12	0.88	1.80
	CO9-CA	0.2	2	1.05	0.21	1	16.35	multicapa	25	20	0.67	0.25
	CA-CA1	0.2	2	1.05	0.21	0.6	21.11	multicapa	25	20	0.67	0.14
	CA1-CA2	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	8.01
	CA2-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.10
	CA1-CA3	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	14.84
	CA3-LB	0.1	1	1.00	0.10	0.6	14.57	multicapa	20	15.5	0.53	0.10

Pasillos												
1-2	2.45	16	0.37	0.91	1	34.05	multicapa	50	41	0.69	2.23	
2-AF	0.2	2	1	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	0.76	
2-3	2.25	14	0.39	0.87	1	33.36	multicapa	50	41	0.66	0.24	
3-V	0.3	2	1	0.30	1	19.54	multicapa	25	20	0.95	0.25	
3-4	1.95	12	0.41	0.80	1	31.90	multicapa	40	32	0.99	0.82	
4-CO	1.65	9	0.46	0.75	1	30.97	multicapa	40	32	0.94	8.97	
4-5	0.3	3	0.78	0.23	1	17.24	multicapa	25	20	0.74	0.34	
5-AH	0.2	2	1	0.20	1	15.96	multicapa	25	20	0.64	2.34	
5-AM	0.1	1	1.00	0.10	1	11.28	multicapa	16	12	0.88	0.96	

Tabla 46

Al transportar agua caliente, las tuberías de suministro de ACS han de llevar un recubrimiento aislante para minimizar las pérdidas energéticas. Los materiales utilizados como aislante térmico han de cumplir la norma UNE 100 171:1989.

En la siguiente tabla vemos una manera simplificada de determinar el espesor de aislamiento para las tuberías de ACS.

ESPESOR (mm) AISLAMIENTO TERMICO TUBERIAS. CALOR				
DIAMETRO EXTERIOR TUBERIA (mm)	TEMPERATURA MAXIMA DEL FLUIDO			
	40 a 60 °C		> 60 a 100 °C	
	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR
D ≤ 35	25	35	25	35
35 < D ≤ 60	30	40	30	40
60 < D ≤ 90	30	40	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	40	50
140 < D	35	45	40	50
$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m}\cdot\text{K) a } 10^{\circ}\text{C}$				

Tabla 47

Para 60°C en el interior de los edificios se tiene que, del total de 98.89m de tuberías de ACS, 83.1m son de DN menor que 35 por lo que llevarán 25mm de aislamiento y los 15.79m restantes tienen un DN entre 35 y 60 por lo que llevarán 30mm de aislamiento.

6.2 Aporte energía

6.2.1 Condiciones de cálculo

Según el DB-HE4 para contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, todos los edificios de nueva construcción con una demanda de ACS de más de 50 l/día han de tener un mínimo de contribución solar para la demanda energética de ACS.

Al tratarse de un restaurante, el consumo diario de ACS se considera 8 l/s que para nuestra ocupación de 137 personas supone una demanda diaria de 1096 l.

Se diseñará la instalación para preparar agua caliente sanitaria a 60°C para evitar la legionela.

Otras condiciones importantes de cálculo son la radiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal y la temperatura del agua de red, que varía a lo largo del año. Para la zona climática del proyecto (IV) son:

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9.1	9.9	10.3
Febrero	12.2	10.9	11.3
Marzo	16.8	11.9	12.5
Abril	21.9	12.9	14.4
Mayo	24.4	14.9	17.3
Junio	26.9	16.9	21.0
Julio	27.6	18.9	23.9
Agosto	23.8	19.9	24.4
Septiembre	19.0	17.9	22.2
Octubre	13.6	15.9	18.2
Noviembre	9.6	12.9	13.6
Diciembre	7.7	10.9	10.8
Promedio	17.7	14.5	16.7

Tabla 48

Por otro lado, para demandas de entre 50 y 5000 l/día y para la zona climática IV a la que pertenece nuestra localidad de Alzira (Valencia) la contribución solar mínima para ACS según el DB-HE4 es del 50%.

6.2.2 Criterios de diseño captadores

La orientación óptima de los captadores para instalaciones en el hemisferio norte es el sur geográfico y así es como los dispondremos, ligeramente girados respecto a la fachada sur que hace 7º con respecto del sur real. Poner los captadores paralelos a la fachada resultaría en un ángulo de azimut de los captadores de 7º lo que empeoraría el rendimiento.

En cuanto a la inclinación óptima, esta sería igual a la latitud geográfica que para Alzira es 39.14º, utilizándose 40º para el cálculo. Esta inclinación es óptima para la media anual, pero si queremos dimensionar para favorecer el invierno hemos de sumarle 10º. Hacemos esto ya que primero, en invierno el agua de red está más fría, en términos prácticos se utilizará más agua caliente y la radiación solar es menor. Por tanto, fijamos una inclinación de captadores de 50º.

En cuanto al tipo de instalación se elige placas prefabricadas con depósito acumulador incluido al no disponer de lugar donde albergar un depósito para el circuito solar (sí tendremos uno para la caldera).

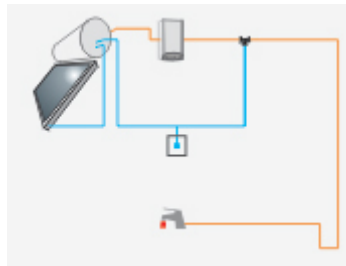


Ilustración 17

6.2.3 Sistema de captación solar

Se utiliza el software CHEQ4 del IDAE para el diseño del sistema de captación.

Una vez introducidas las condiciones de diseño se elige un modelo de captador, en este caso el **Vaillant auroSTEP plus 1.150** con los siguientes datos de ensayo:

Área (m2)	2.33
Volumen [l]	150
Laboratorio	TÜVRheinland
Certificación	SST-17312

Tabla 49

Siendo el área la superficie de captación por unidad y el volumen el del depósito acumulador anexionado a cada captador.

Con 4 unidades de mencionado captador tenemos un aporte medio anual del 56%, superior al 50% mínimo.

Tabla de resultados					
Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
56	21,132	21,226	11,892	8,707	2,238

Tabla 50

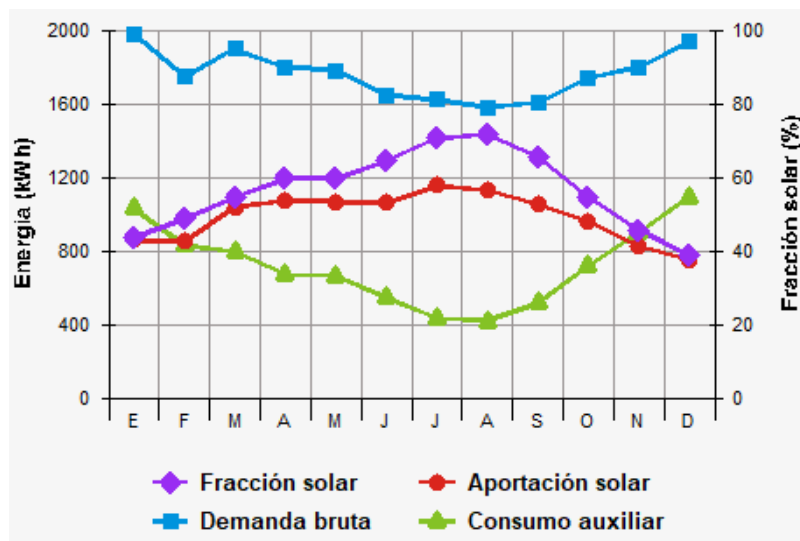


Ilustración 18

El consumo auxiliar corresponde a la parte de energía no cubierta con energía solar y que tendrá que ser aportada por la caldera. Se puede ver que la máxima energía a aportar es en el mes de diciembre y de la gráfica se deduce que ronda los 1100kWh al mes.

6.2.4 Sistema de acumulacion

La acumulación estará in situ en cada una de las placas y constará de un depósito de 150l por cada placa.

6.2.5 Sistema de apoyo

Se tendrá una caldera que trabajará contra depósito, tomando agua de la parte inferior de dicho depósito y calentándola para devolverla al depósito a media altura.

Cuando la temperatura en la parte superior del depósito se eleve por encima de los 60°C, la caldera dejará de tomar agua del depósito y los quemadores se pararán.

Mientras no haya demanda de ACS, el depósito se encontrará en circuito cerrado con la caldera.

Cuando se abra un grifo, empezará a entrar en el depósito (a media altura) agua precalentada desde los depósitos de las placas solares que a su vez toman agua de red y la red de ACS tomará agua de la parte de arriba del depósito.

De este modo el recorrido del agua demandada, en orden, será:

1. Acometida de agua fría
2. Circuito de captación
3. Depósito de sistema de captación
4. Depósito de apoyo
5. Red de ACS

Recordando que, además, la caldera y el depósito estarán en circuito cerrado cuando la temperatura en la parte de arriba del depósito baje de 60°C (con una cierta histéresis)

6.2.6 Dimensionamiento del depósito

La demanda diaria de ACS a 60°C según el CTE DB-HE4 es de 1096 l, de los cuales unos 427 l (sobre un 39%) son proporcionados por los captadores solares en diciembre siendo la resta 669 l. La energía para calentar 669 l de la temperatura de red de diciembre de 10.9°C a 60°C se calcula

$$E = m * Cp * (T_{ACS} - T_{RED})$$

Siendo:

m= 669 kg

Cp= 4.19 kJ/ K* kg

Que, pasando a kWh resulta en 38.22kWh diaria que habrá que aportar con la caldera. Podemos ver en seguida que una caldera de 24kW podría aportar todo el calor de un día en cuestión de hora y media. Esto quiere decir que como la demanda se reparte entre 12 horas al día, la caldera tendrá tiempo suficiente para ir reponiendo el agua caliente por lo que un pequeño acumulador doméstico serviría.

Escogemos el Vaillant Unistor VIH R 120/6 B, con una capacidad de 117 l y unas pérdidas de calor de 0.8 kWh.

6.2.7 Elección de la caldera

La caldera no precisará dar la potencia total demandada ya que primero, tendrá el apoyo solar (39% de energía de media en el mes más desfavorable que es diciembre) y segundo que al trabajar en circuito cerrado contra el depósito puede estar constantemente preparando el agua a prácticamente 60°C.

De este modo buscamos una caldera del orden de 25kW, como las calderas domésticas.

Encontramos la caldera de condensación Vaillant ECOTEC Plus VMW 246 de 24kW de potencia para ACS.



Ilustración 19

7. SANEAMIENTO

Para el diseño del saneamiento del restaurante hemos de elegir un sistema separativo, independientemente de que a nivel urbanístico se disponga o no de colectores independientes para aguas pluviales y residuales. De este modo, si no existe separación, ambas redes de evacuación desembocarán en el colector unitario y si fuese construido en un futuro nuestra instalación ya estaría preparada para ello.

7.1 Aguas Residuales

7.1.1 Red de pequeña evacuación

Disponemos de redes de pequeña evacuación (en adelante RPE) enterradas bajo los distintos cuartos húmedos que recogen las descargas de los distintos aparatos. Cada RPE estará formada por tuberías de descarga de varios aparatos con una pendiente de 2-4% según el CTE HS-5 si desembocan a un bote sifónico (con tapa accesible a ras de suelo) y con pendiente de 2.5-5% si no existe bote sifónico y cada aparato tiene su propio sifón.

La descarga de los inodoros nunca estarán aguas arriba de un bote sifónico teniendo el inodoro su propio sifón y en su caso, la salida del bote sifónico descargará en la derivación del inodoro. Si una RPE no incluye inodoro, esta descargará directamente a su colector correspondiente.

7.1.2 Colectores

Dichas RPE descargan, a su vez, en una serie de colectores que van desembocando en arquetas intermedias (también accesibles) que van uniendo los caudales de descarga en colectores de mayor caudal para al final terminar en un colector final que desemboca en la red pública de aguas residuales.

Los colectores se han dispuesto de tal manera que empiecen a menos de 1.5m del inodoro del que colectan.

Todos los colectores tendrán una pendiente mínima de 2%, mayor que si estuviesen colgados de un sótano ya que al estar enterrados debemos evitar atascos lo máximo posible debido a su difícil acceso.

Todos los botes sifónicos y arquetas estarán en zonas de acceso privado por la razón de que han de ser accesibles para ser intervenidas y porque las tapas no resultan demasiado estéticas.

7.1.3 Arquetas

Se ha de colocar arquetas en:

- Al final de cada RPE que no disponga de bote sifónico
- En toda unión de colectores enterrados
- En cambios de dirección de colectores enterrados

Se dimensionarán según el CTE-HS5 con el siguiente criterio:

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 51

7.1.4 Ventilación

Al ser un edificio de una sola planta y no tener bajantes, la red de evacuación de aguas residuales no precisará de ventilación primaria ni de ningún tipo.

7.1.5 Dimensionado Aguas Residuales

7.1.5.1 Derivaciones aparatos

El código técnico nos especifica el diámetro mínimo de las derivaciones individuales de descarga de cada aparato en la RPE. Utilizamos tuberías PVC-U para evacuación de aguas residuales en el interior de la estructura de los edificios Serie B UNE-EN 1329-1:1999.

Estos serán para nuestros aparatos:

Aparato	Q (l/s)	DN	Dint (mm)
Lavabo	0.75	50	44
Urinario	1	50	44
Inodoro	1.5	110	103.6
Ducha	0.5	63	57
Fregadero	0.75	63	57
Lavavajillas	0.75	50	44

Tabla 52

7.1.5.2 Caudal de cálculo

Lo siguiente es dimensionar los colectores de pequeña evacuación, que corresponden a las tuberías que recogen las diferentes derivaciones de los aparatos de una RPE y los colectores principales.

Para ello, antes hay que hallar el caudal de cálculo para cada tramo. Conociendo los caudales máximos de cada aparato, calculamos el caudal máximo (caudal instalado) para cada RPE y cada colector. Después de esto hemos de determinar el coeficiente de simultaneidad de cada RPE y cada colector que depende del número de aparatos aguas arriba de cada uno y se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$k_n = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + 0,035 \cdot \alpha \cdot [1 + \log(\log(n))]$$

De este modo no siempre sobre-dimensionaremos para el caudal máximo posible, sino que dicha simultaneidad nos permitirá utilizar un diámetro más realista al resultar un caudal de simultaneidad igual o menor al máximo teórico. Podemos ver los resultados en las siguientes tablas y observar que para 2 aparatos o menos la fórmula resulta siempre en un caudal de diseño igual al caudal máximo.

RPE	Qinst (l/s)	n	k	Qdiseño (l/s)
PE1	1.25	2	1.000	1.250
PE1.1	2.75	3	0.714	1.964
PE2	2.25	2	1.000	2.250
PE3	4.5	3	0.714	3.214
PE4	4.5	5	0.509	2.290
PE5	2	2	1.000	2.000
PE6	1.5	2	1.000	1.500
PE7	2.25	3	0.714	1.607
PE8	0.75	1	1.000	0.750
PE9	2.25	3	0.714	1.607

Tabla 53

COLECTORES	Qinst (l/s)	n	k	Qdiseño (l/s)
CAR1	5	5	0.509	2.544
CAR2	9	8	0.388	3.492
CAR3	2	2	1.000	2.000
CAR4	4.5	3	0.714	3.214
CAR5	2.25	3	0.714	1.607
CAR6	0.75	1	1.000	0.750
CAR7	1.5	2	1.000	1.500
CAR8	2.25	3	0.714	1.607
CAR9	11	10	0.344	3.782
CAR10	3	4	0.586	1.757
CAR11	5.25	7	0.418	2.194
CAR12	6.75	9	0.364	2.456
CAR13	20.5	18	0.254	5.208
CAR14	27.25	27	0.208	5.675

Tabla 54

Una vez tenemos los caudales de diseño hemos de dimensionar las tuberías según su diámetro interior. Para tuberías horizontales disponemos de la fórmula de Manning:

$$Q_{lleno} = \frac{1}{n} s^{1/2} \frac{\pi D_{int.}^{8/3}}{4^{5/3}}$$

Si aplicamos, como criterio de dimensionamiento, un grado de llenado del 50% o lo que es lo mismo $y/D=0.5$, la fórmula que resulta es la siguiente:

$$\text{si } \frac{y}{D} = 0,5 \quad \rightarrow \quad D(m) = \left[\frac{6,417 \cdot n \cdot Q_{diseño} (m^3/s)}{s^{1/2}} \right]^{3/8}$$

Esta fórmula nos sirve para cualquier grado de llenado cambiando el coeficiente de Manning, que en este caso es 6,417, para hallar el diámetro teórico. Elegimos de entre los diámetros comerciales de tuberías de PVC-U para evacuación de aguas residuales en el interior de la estructura de los edificios, con código B UNE-EN 1329-1:1999.

Mayoramos dicho diámetro teórico al diámetro comercial más próximo asegurándonos de que si existe inodoro aguas arriba, este sea por lo menos un DN 110.

n =	0.01	(coeficiente de Manning)									
s =	0.03	(pendiente del conducto)		cte. Manning para y/D=0.5:							
y/D =	0.5	(grado de llenado)						6.417			
CONDUCTO	Qdiseño (l/s)	Dt (mm)	DN	Dint (mm)	Q lleno (l/s)	Vlleno (m/s)	Q/ Qlleno	y/D	V/ Vlleno	y/D (%)	V (m/s)
PE1	1.250	56.19	63	57	2.60	1.02	0.48	0.488	0.99	48.8	1.01
PE1.1	1.964	66.56	110	103.6	12.78	1.52	0.15	0.259	0.73	25.9	1.11
PE2	2.250	70.04	110	103.6	12.78	1.52	0.18	0.285	0.77	28.5	1.17
PE3	3.214	80.06	110	103.6	12.78	1.52	0.25	0.339	0.84	33.9	1.27
PE4	2.290	70.51	110	103.6	12.78	1.52	0.18	0.285	0.77	28.5	1.17
PE5	2.000	67.02	75	69	4.32	1.16	0.46	0.476	0.98	47.6	1.13
PE6	1.500	60.16	75	69	4.32	1.16	0.35	0.407	0.92	40.7	1.06
PE7	1.607	61.74	75	69	4.32	1.16	0.37	0.42	0.93	42	1.08
PE8	0.750	46.39	63	57	2.60	1.02	0.29	0.367	0.87	36.7	0.89
PE9	1.607	61.74	75	69	4.32	1.16	0.37	0.42	0.93	42	1.08

Tabla 55

CONDUCTO	Qdiseño (l/s)	Dt (mm)	DN	Dint (mm)	Q lleno (l/s)	Vlleno (m/s)	Q/ Qlleno	y/D	V/ Vlleno	y/D (%)	V (m/s)
CAR1	2.544	73.35	110	103.6	12.78	1.52	0.20	0.301	0.79	30.1	1.20
CAR2	3.492	82.59	110	103.6	12.78	1.52	0.27	0.353	0.86	35.3	1.30
CAR3	2.000	67.02	75	69	4.32	1.16	0.46	0.476	0.98	47.6	1.13
CAR4	3.214	80.06	110	103.6	12.78	1.52	0.25	0.339	0.84	33.9	1.27
CAR5	1.607	61.74	75	69	4.32	1.16	0.37	0.42	0.93	42	1.08
CAR6	0.750	46.39	63	57	2.60	1.02	0.29	0.367	0.87	36.7	0.89
CAR7	1.500	60.16	75	69	4.32	1.16	0.35	0.407	0.92	40.7	1.06
CAR8	1.607	61.74	75	69	4.32	1.16	0.37	0.42	0.93	42	1.08
CAR9	3.782	85.10	110	103.6	12.78	1.52	0.30	0.374	0.88	37.4	1.33
CAR10	1.757	63.83	75	69	4.32	1.16	0.41	0.445	0.95	44.5	1.10
CAR11	2.194	69.39	90	84	7.31	1.32	0.30	0.374	0.88	37.4	1.16
CAR12	2.456	72.38	90	84	7.31	1.32	0.34	0.401	0.91	40.1	1.20
CAR13	5.208	95.95	110	103.6	12.78	1.52	0.41	0.445	0.95	44.5	1.44
CAR14	5.675	99.09	110	103.6	12.78	1.52	0.44	0.464	0.97	46.4	1.47

Tabla 56

Los DN resaltados en amarillo son los cambiados a mano al dar un DN teórico menos de 110 y tener un inodoro aguas arriba. Después de tener el diámetro interior real se pueden calcular parámetros como caudales y velocidades y el grado de llenado real (que siempre va a diferir del objetivo de y/D=0.5).

Por último, se comprueba que todos los tramos tengan una velocidad teórica de diseño mayor de 0.5-0.6 m/s por condiciones de autolimpieza.

7.2 Aguas Pluviales

Se ha de disponer de un sistema de evacuación de agua pluviales de cubierta y para ello echamos un vistazo a la planta de cubierta con sus diferentes niveles. Se indica la cota y superficie horizontal de cada nivel.

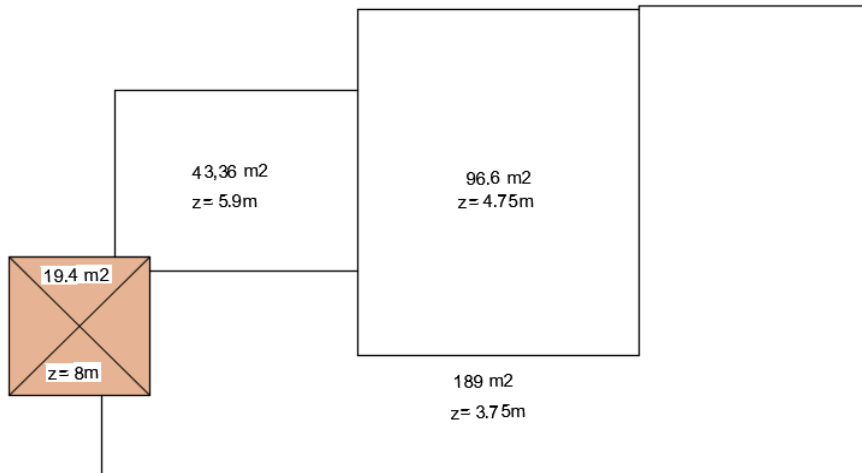


Ilustración 20

Lo siguiente es dividir la cubierta en distintas zonas con una ligera pendiente dirigida al centro de las mismas, donde colocaremos sumideros. Dichos sumideros estarán conectados a colectores horizontales que irán colgados bajo el forjado con una pendiente superior a 1% y ocultos por el falso techo.

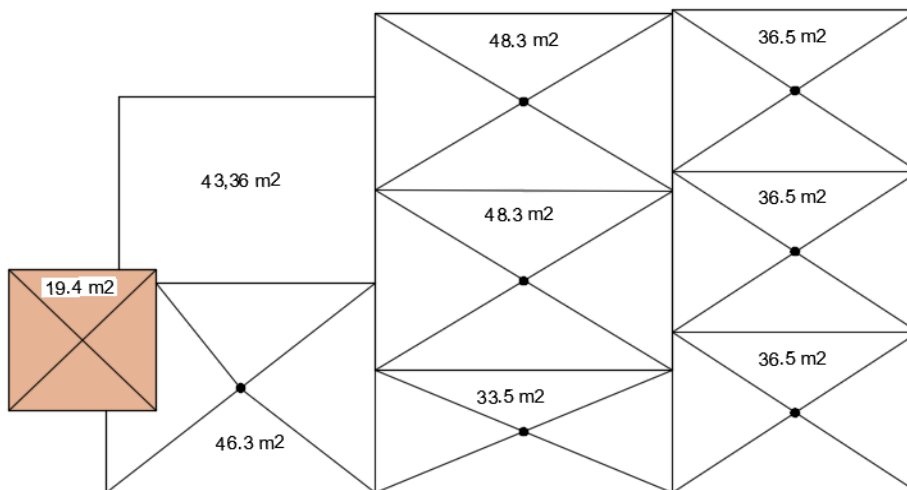


Ilustración 21

El tejado de la torre de entrada (cota z=8m) y la sala de cristal (cota z=5.9m) no disponen falso techo ni lugar donde albergar los colectores por lo que descargarán en las otras zonas de la cubierta.

A continuación, dibujamos los colectores y bajantes evitando poner bajantes en la fachada este (la de la entrada con la torre a la izquierda de la imagen) por motivos estéticos.

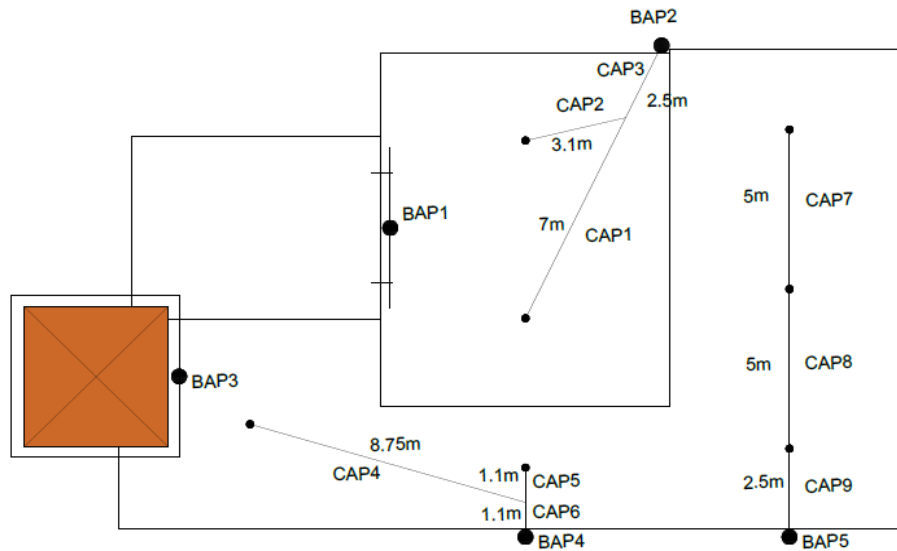


Ilustración 22

Las bajantes BAP1 y BAP3 descargan directamente sobre la cubierta, pero el resto bajan por las fachadas para entrar bajo el suelo a nivel de la calle así que hay que disponer colectores enterrados que conduzcan el agua a la red pública de aguas pluviales. Dichos colectores tendrán una pendiente superior a un 2% (al igual que los colectores enterrados de aguas residuales)

Esto es así porque, como se ha mencionado en el apartado de aguas residuales, nuestra instalación será separativa independientemente de que se disponga de una red pública separativa o unitaria. En el caso de ser unitaria se unirían ambas redes justo antes de la acometida en una arqueta para conectarse a la acometida.

Ahora solo queda disponer los colectores enterrados de pluviales necesarios teniendo en cuenta los ya colocados de aguas residuales. En la siguiente imagen pueden verse ambos:

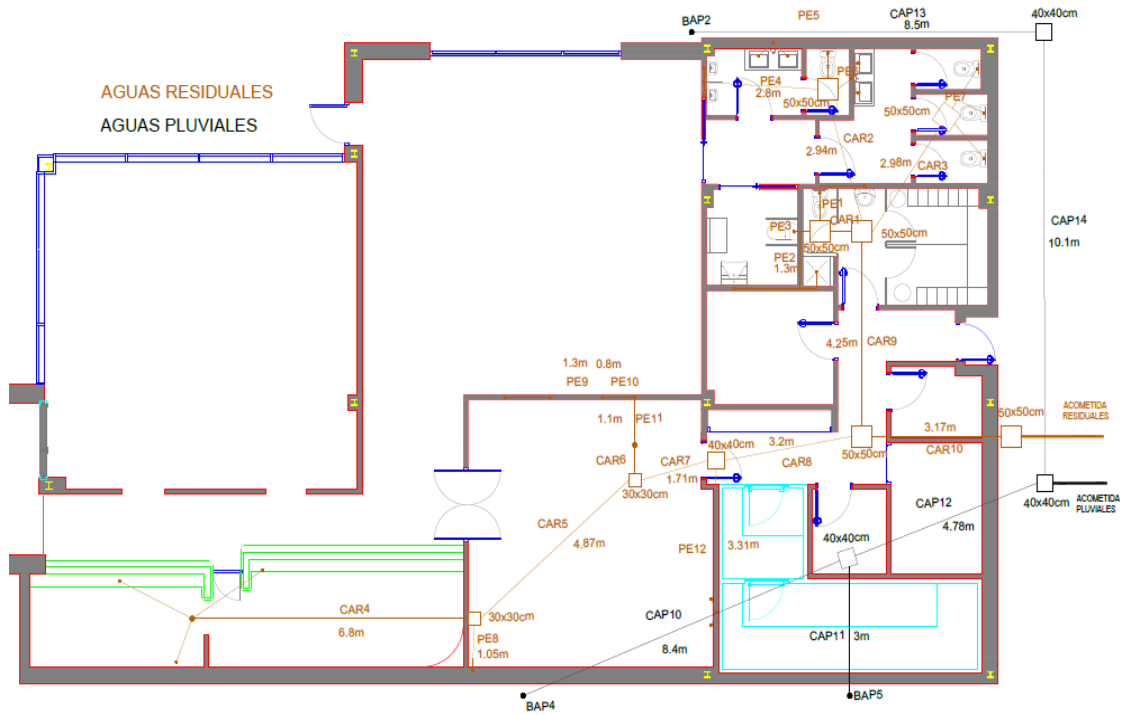


Ilustración 23

7.2.1 Dimensionado Colectores

Lo primero es averiguar la intensidad pluviométrica de Alcira que según el CTE DB-HS5 evacuación de aguas es 60mm/h.

El caudal de diseño por cada colector será:

$$Q_{\max} = C \cdot I_{\text{diseño}} \cdot A$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía (=1 para el cemento)

I: intensidad pluviométrica (mm/h)

A: superficie de cubierta asignada a cada colector. (m2)

De este modo hallamos todos los caudales de diseño y con ello calculamos los colectores del mismo modo que se ha hecho en aguas residuales, con la fórmula de Manning y asegurándose que la velocidad mínima teórica es de 0,5 m/s.

Eligiendo de entre diámetros nominales de tubería PVC-U para evacuación de aguas residuales código BD UNE-EN 1329-1:1999 tenemos:

CONDUCTO	A cem (m2)	Qdiseño (l/s)	Dt (mm)	DN	Dint (mm)	Q lleno (l/s)	Vlleno (m/s)	Q/Qlleno	y/D	V/Vlleno	y/D (%)	V (m/s)	L (m)
CAP-1	69.98	1.17	54.75	63	57	3.39	1.33	0.34	0.401	0.91	40.1	1.21	7
CAP-2	69.98	1.17	54.75	63	57	3.39	1.33	0.34	0.401	0.91	40.1	1.21	3.1
CAP-3	139.96	2.33	71.00	90	84	8.78	1.58	0.27	0.353	0.86	35.3	1.36	2.5
CAP-4	65.7	1.10	53.47	63	57	3.39	1.33	0.32	0.387	0.89	38.7	1.18	8.75
CAP-5	33.5	0.56	41.53	63	57	3.39	1.33	0.16	0.268	0.74	26.8	0.98	1.1
CAP-6	99.2	1.65	62.40	75	69	5.40	1.44	0.31	0.381	0.89	38.1	1.29	1.1
CAP-7	36.5	0.61	42.89	63	57	3.39	1.33	0.18	0.285	0.77	28.5	1.02	5
CAP-8	73	1.22	55.62	63	57	3.39	1.33	0.36	0.414	0.92	41.4	1.22	5
CAP-9	109.5	1.83	64.75	75	69	5.40	1.44	0.34	0.401	0.91	40.1	1.31	2.5
CAP-10	182.5	1.65	62.40	110	103.6	15.00	1.78	0.11	0.221	0.67	22.1	1.19	8.4
CAP-11	292	1.83	64.75	110	103.6	15.00	1.78	0.12	0.231	0.69	23.1	1.23	3
CAP-12	474.5	3.48	82.47	90	84	8.78	1.58	0.40	0.439	0.95	43.9	1.51	4.78
CAP-13	766.5	3.50	82.65	90	84	8.78	1.58	0.40	0.439	0.95	43.9	1.51	8.5
CAP-14	1241	3.50	82.65	90	84	8.78	1.58	0.40	0.439	0.95	43.9	1.51	10.1

Tabla 57

7.2.2 Dimensionado Bajantes

El agua circula de manera diferente por una tubería vertical que horizontal por lo que en el caso de bajantes se utiliza la fórmula de Dawson/ Hunter:

$$Q(l/s) = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3} \cdot [D(mm)]^{8/3}$$

Que despejando el diámetro queda:

$$\rightarrow D(mm) = \left[\frac{Q_{diseño}(l/s)}{3,15 \cdot 10^{-4} \cdot r^{5/3}} \right]^{3/8}$$

Siendo r el grado de llenado, que para este caso se usa $r = \frac{1}{3}$, se tiene:

	A cem (m ²)	Qdiseño (l/s)	Dt (mm)	DN	Dint (mm)	L (m)
BAP-1	43.36	0.72	36.20	63	57	1.15
BAP-2	209.94	3.50	65.40	75	69	4.75
BAP-3	19.4	0.32	26.77	63	57	2.1
BAP-4	99.2	1.65	49.37	63	57	3.75
BAP-5	109.5	1.83	51.24	63	57	3.75

Tabla 58

7.2.3 Dimensionado Canales

Para el dimensionado de canales seguimos lo que dicta el según el CTE DB-HS5:

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Tabla 59

Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i / 100 = 60/100 = 0.6$$

Siendo i=60 mm/h la intensidad pluviométrica de cálculo.

Aplicando dicha corrección todos los canales recogen agua de superficies de menos de 35m² por lo que serán todos de 100mm con 0.5% de pendiente y serán un total de 25.5m.

7.2.4 Arquetas

Siguiendo los mismos criterios que con aguas residuales, las 3 arquetas de la instalación serán de 40x40cm.

8. INSTALACIÓN GAS NATURAL

8.1 Diseño red

Se tienen 2 puntos de consumo de gas natural en el restaurante, uno será el de la caldera de 24kW y el otro el horno de pizzas de 43kW siendo 67Kw en total.

Se utilizarán tuberías de cobre que irán envainadas en el falso techo para evacuar una posible fuga y a la altura de cada aparato bajarán descubiertas pegadas a la pared del local.

El aspecto de la red es el siguiente:

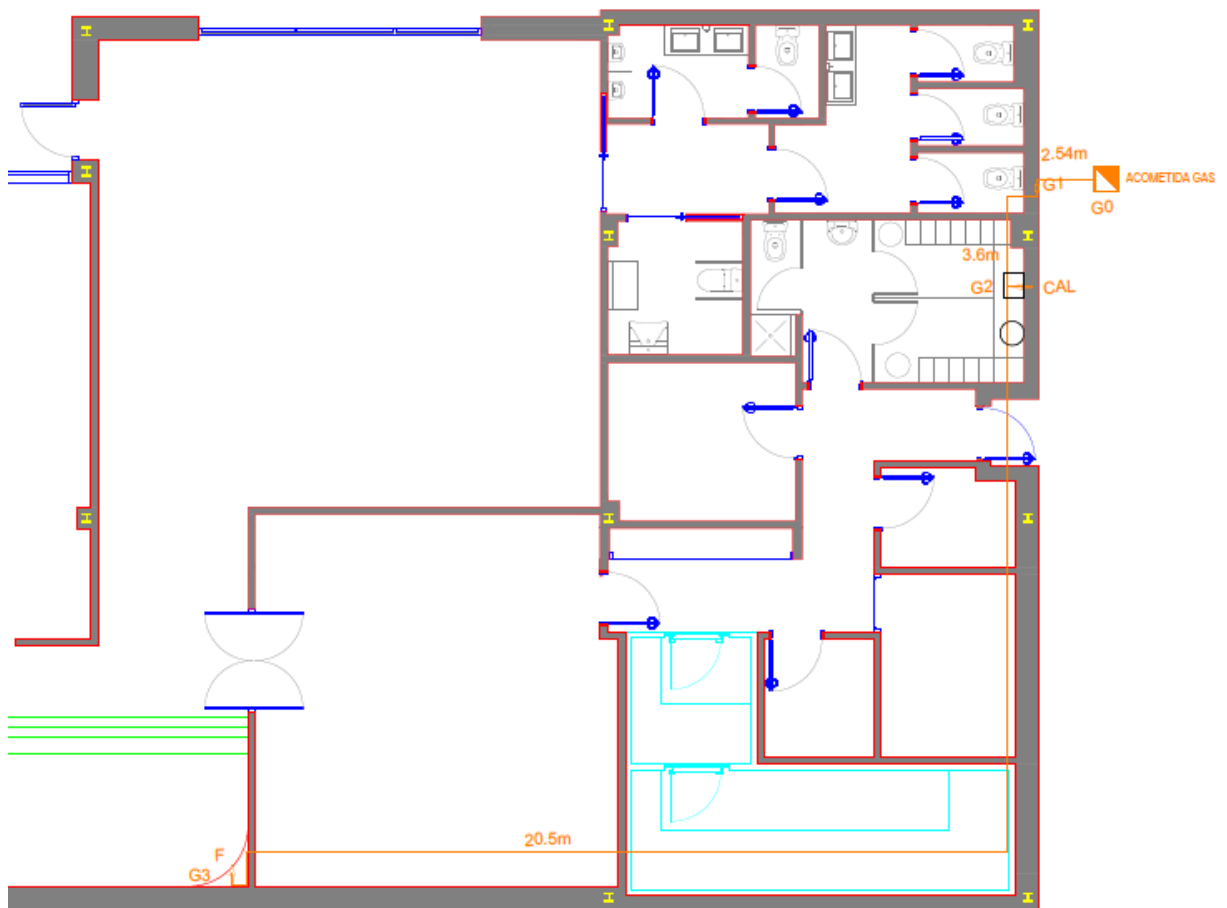


Ilustración 24

La acometida es de MPA, a partir de ella encontraremos los siguientes elementos en orden:

1. Llave de acometida
2. Acometida interior
3. Toma de presión
4. Llave de abonado
5. Regulador
6. Contador
7. Toma de presión
8. Llave de entrada al restaurante
9. Aparatos de utilización

A partir del regulador (punto G1 en el plano) la presión será inferior a 0.05 bar

8.2 Dimensionado tuberías

Para hallar los diámetros nominales de las tuberías primero hemos de calcular los caudales circulantes por cada una de ellas.

Esto lo haremos partiendo del cálculo del caudal de diseño en m³/h de gas natural necesario para cubrir la potencia instalada utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = P / PCS$$

Donde:

P: potencia del aparato (kW)

PCS: poder calorífico superior (Para el gas natural 42200 kWh/m³)

No hace falta aplicar coeficiente de simultaneidad ya que para tan solo 1 o 2 aparatos se considera el caudal total.

Se sabe que la presión a la salida del regulador es de 0.05mbar y según la Norma UNE 60670 parte 4 hay que asegurar una presión mínima de 0.017 bar en cada aparato por lo que se calculan los diámetros que den una pérdida de presión menor de 0.05-0.017 = 0.033 bar.

Utilizando la fórmula de Renouard lineal:

$$\Delta P = 232.000 \times ds \times Le \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Donde:

ΔP (mmca): caída de presión en el tramo

ds: densidad relativa al aire (0.53 para gas natural)

Le (m): longitud equivalente (1.2 veces la real)

Q: caudal de diseño

D: diámetro teórico

Despejando el diámetro se obtiene el diámetro teórico para cada tramo. Con el diámetro teórico se elige un diámetro nominal de cobre con diámetro interior superior al teórico y a partir de aquí se puede conocer la velocidad y caída de presión reales de cada tramo.

Hemos de asegurarnos que la velocidad no supere los 20 m/s en ningún tramo.

Tramo	Potencia demandada (kW)	ΔP diseño (bar)	ΔP dis (mmca)	Q aguas abajo (Nm ³ /h)	V max (m/s)	D teo (mm)	DN (mm)	D interior (mm)	ΔP real (bar)	V real (m/s)	L (m)
G1-G2	-	0.033	336.60	5.72	20	8.90	DN 3/8"	10.22	0.017	19.35	3.6
G2-CAL	24	0.033	336.60	2.05	20	5.29	DN 1/4"	7.74	0.005	12.09	1.9
G2-G3	-	0.033	336.60	3.67	20	10.80	DN 1/2"	13.39	0.012	7.24	20.5
G3-F	43	0.033	336.60	3.67	20	7.09	DN 1/4"	10.22	0.006	12.42	2.7

Tabla 60

9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

	Descripción	€
CLIMA	CONDUCTOS RECT.	8,874.18
	EXTRACCIÓN	1,871.86
	REJILLAS	1,057.98
	VENTILADORES	3,941.17
	MÁQUINA DE FRÍO	29,999.74
	RECUERADOR	3,515.00
		49,259.93
FRÍO	MÁQUINAS	2,384.93
	CERRAM. CÁMARAS	1,477.68
		3,862.61
FONTANERÍA	TUBERÍAS AF	1,351.72
	TUBERÍAS ACS	952.06
		2,303.78
SANEAMIENTO	RESIDUALES	2,196.87
	PLUVIALES	1,853.29
		4,050.16
SOLAR		6,023.27
GAS NATURAL	TUBERÍAS	562.86
		66,062.61

Tabla 61

10. CONCLUSIONES

Como en cualquier problema en la ingeniería, no hay una única solución válida. En la mayoría de casos no existe una solución óptima y de existir, es imposible de hallar.

Al resolver un problema, hacerlo con la máxima precisión y detalle no siempre quiere decir que se cumplen los objetivos. Habrá que mirar pues en qué aspectos hay que dedicar más detalle y en cuales menos.

Habrán proyectos que se le encarguen a un proyectista que sean de alto nivel de detalle y se compensen bien económicamente y a esos se les dedicará más esfuerzo humano. También puede darse que un cliente quiera un proyecto sencillo y de barata ejecución y complicarlo demasiado perjudicaría al cliente resultando en que hubiésemos fallado en identificar el objetivo.

Se contempló, por ejemplo, poner un sistema con 2 máquinas en cascada para las cámaras de frío ya que tenemos que enfriar a 2 temperaturas diferentes (4 y -18°C). Sobre el papel es una instalación más eficiente y sofisticada pero más cara y complicada y menos robusta. Sería más difícil de operar y mantener, se tendría que usar fluidos caloportadores especiales, el coste del proyecto por parte de la oficina técnica sería mayor, así como el coste de la instalación.

El objetivo pues era encontrar una solución suficientemente buena a cada problema según los criterios de requisitos mínimos, simplicidad, coste reducido, etc. y se podría decir que se ha conseguido.

11. REFERENCIAS

- Código Técnico de la Edificación
<https://www.codigotecnico.org/>
- Tagliatella
<https://www.latagliatella.es/>
- Normas UNE
<https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas>
- IDAE
<https://www.idae.es/>
- RITE
<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-edificios>
- Potencias cocina
<https://www.infhostel.com/potencias-de-gas-y-electricidad-en-una-cocina-industrial/>
- Cálculo campana extracción
<https://www.infhostel.com/calculo-de-los-caudales-del-extractor-en-una-campana-industrial-iii/>
- Ventilador impulsión
<https://easyvent.solerpalau.com/fan-info/view/00005/0/15/p/SPTR000011?includeNonERP=false>
- Horno Pizzas
<https://www.sotirco.es/hornos-para-pizza/morello-forni/serie-fgr/>
- Aislamiento tuberías ACS
<https://e-ficiencia.com/aislamiento-termico-de-tuberias/>
- Partidas presupuestarias FIVE
<https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2017/>

- **Caldera**
<http://www.leroymerlin.es/fp/16728005/caldera-de-condensacion-vaillant-ecotecplus-vmw-246>
- **Depósito acumulador**
https://www.climahorro.es/vaillant-unistor-vih-r-1206-b.html?gclid=CjwKCAjwq4fsBRBnEiwANTahcNocJ43fjpfj_fnCmnW-CEb0PKvanH9TelNY3zp1a-4OTB5q4tvIoxxoC4yYQAvD_BwE

PRESUPUESTO

Para formar el presupuesto, primero se hacen las mediciones de los materiales en las unidades que corresponda como pueden ser metros, metros cuadrados, unidades, etc.

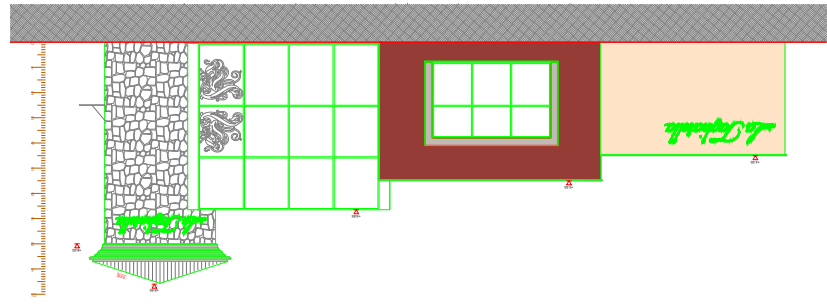
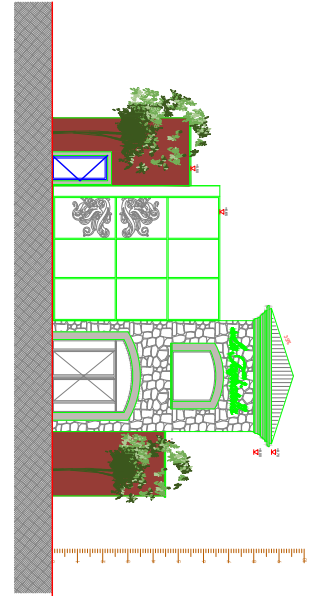
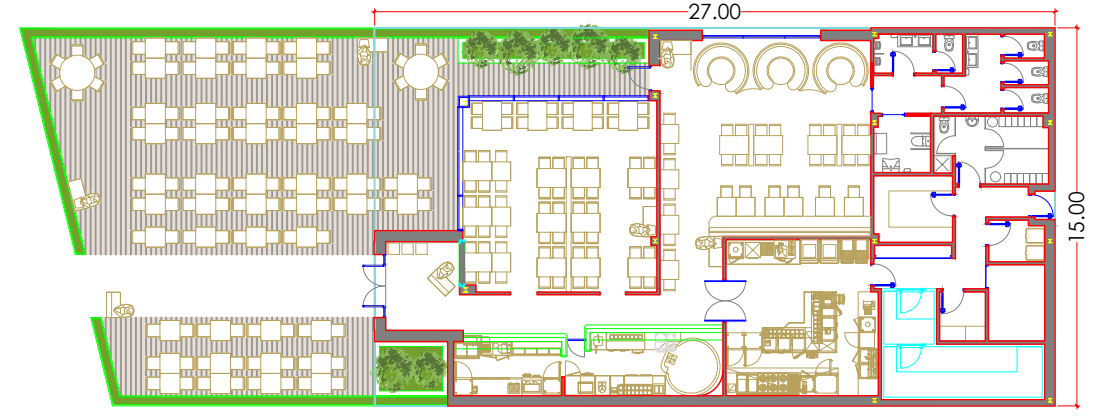
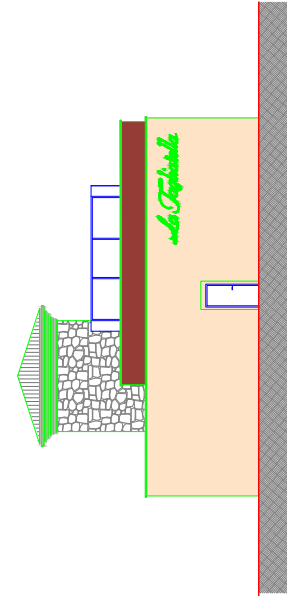
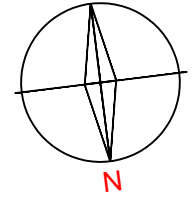
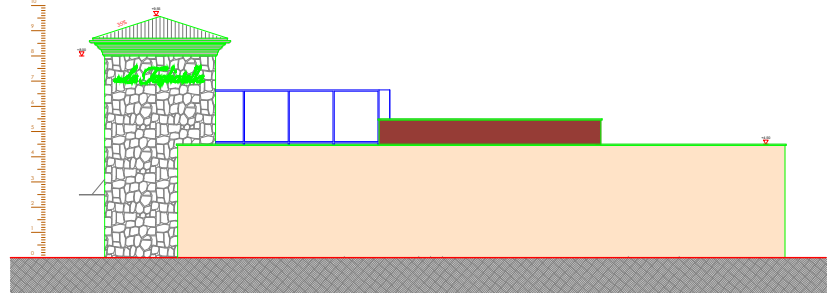
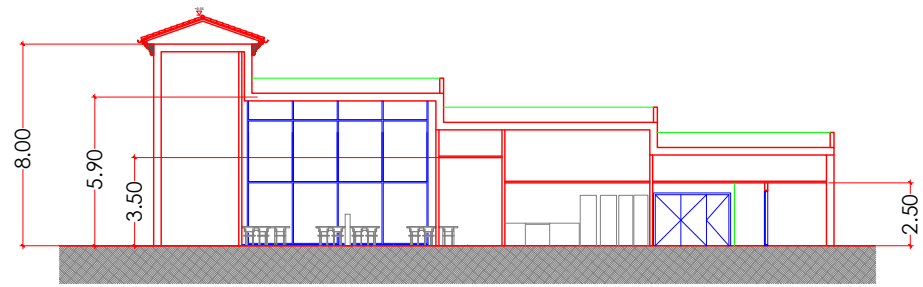
De algunos elementos se ha podido sacar el precio del fabricante y para el resto se utilizan las partidas presupuestarias del FIVE de donde se saca el resto de precios de mano de obra, accesorios utilizados, alquiler o uso de máquinas, etc.

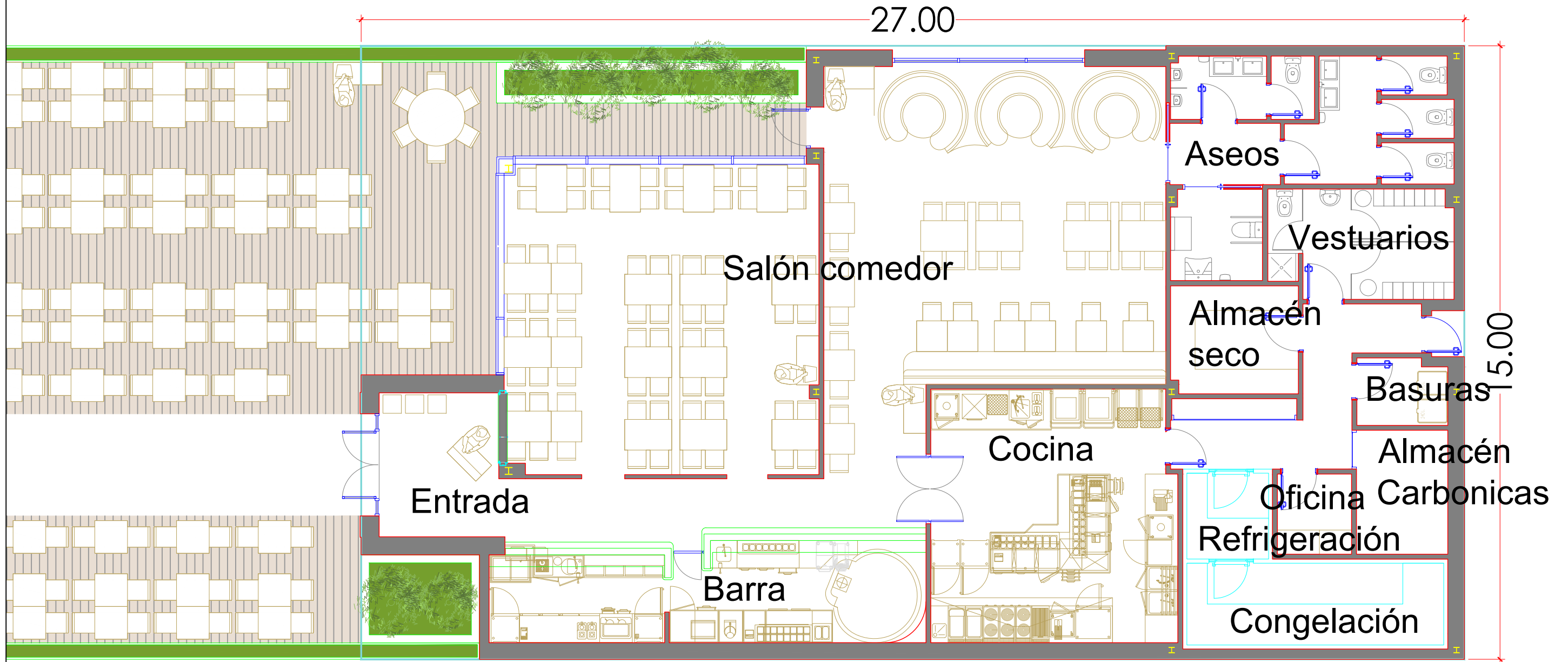
Se detalla el presupuesto en las páginas siguientes.

			Descripción	Unidad	Medición	€/magnitud	€	
CLIMA	CONDUCTOS RECT.	CHAPA	Impulsión	m2	14.25	51.3	731.03	
			Ventilación	m2	1.65	51.3	84.65	
			Retorno	m2	10.54	51.3	540.70	
		FIBRA	Impulsión	m2	75.94	51.3	3,895.72	
	Ventilación		m2	36.73	51.3	1,884.25		
	Retorno		m2	4.44	51.3	227.77		
		MO		m	111.28	13.57	1,510.07	
		Subtotal					8,874.18	
	EXTRACCIÓN		Chapa	DN 12"	m	2	17.55	35.10
				Campana	ud	1	1820.18	1,820.18
MO				h	1	16.58	16.58	
Subtotal							1,871.86	
REJILLAS	IMPULSIÓN	325x125mm	ud	15	13.07	196.05		
			325x165mm	ud	6	13.07	78.42	
			225x165mm	ud	1	13.07	13.07	
			425x125mm	ud	3	15.75	47.25	
			225x125mm	ud	1	13.07	13.07	
		VENTILACIÓN	425x125mm	ud	7	15.75	110.25	
			225x125mm	ud	1	13.07	13.07	
		RETORNO	425x225mm	ud	9	15.75	141.75	
		MO		ud	43	10.35	445.05	
			Subtotal				1,057.98	
VENTILADORES	IMPULSIÓN	VENTILACIÓN	RETORNO	ud	1	1723.1	1,723.10	
			RETORNO	ud	1	344.62	344.62	
			RETORNO	ud	1	1378.48	1,378.48	
			MO	ud	3	164.99	494.97	
			Subtotal				3,941.17	
MÁQUINA DE FRÍO	OTROS	Maq + MO	Recuperador	ud	2	14999.87	29,999.74	
			Recuperador	ud	1	3515	3,515.00	
	TOTAL					49,259.93		
FRÍO	MÁQUINAS	2.2 kW	ud	1	920.5	920.50		
			4..95 kW	ud	1	1464.43	1,464.43	
			Subtotal				2,384.93	
		CERRAM. CÁMARAS	PUERTAS	7.5cm aisl	ud	1	15.3	15.30
				15cm aisl	ud	1	30.6	30.60
			PAREDES	7.5cm aisl	m2	18.5	7.65	141.53
				15cm aisl	m2	13.725	15.3	209.99
				20cm aisl	m2	20.725	20.4	422.79
			TECHOS	23cm aisl	m2	5	22.95	114.75
		7.5cm aisl		m2	4.2	7.65	32.13	
SUELOS	18cm aisl	m2	12.58	15.3	192.47			
	5cm aisl	m2	4.2	7.65	32.13			
15cm aisl	m2	12.58	15.3	192.47				
MO		m2	93.51	1	93.51			
	Subtotal				1,477.68			
	TOTAL				3,862.61			
FONTANERÍA	TUBERÍAS Multicapa	AF	DN16	m	7.74	2.03	15.71	
			DN18	m	2.66	3.37	8.96	
			DN20	m	43.2	2.67	115.34	
			DN25	m	32.75	3.85	126.09	
			DN32	m	20.91	5.29	110.61	
			DN40	m	12.03	7.88	94.80	
			DN50	m	2.57	11.48	29.50	
			DN63	m	1.75	14.98	26.22	
			MO	m	123.61	6.67	824.48	
			Subtotal			1,351.72		
		ACS	DN16	m	4.47	2.03	9.07	
			DN20	m	38.61	2.67	103.09	
			DN25	m	31.58	3.85	121.58	
			DN32	m	14.42	5.29	76.28	
			DN40	m	3.29	7.88	25.93	
		MO	m	92.37	6.67	616.11		
			Subtotal			952.06		
	TOTAL			2,303.78				

SANEAMIENTO RESIDUALES MO incluida	TUBERÍAS PVC	DN32	m	1.5	16.71	25.07	
		DN50	m	18	17.86	321.48	
		DN63	m	4.35	18.77	81.65	
		DN75	m	24.82	19.68	488.46	
		DN90	m	4.91	22.28	109.39	
		DN110	m	15.01	22.71	340.88	
		ARQUETAS	30x30	ud	2	75.17	150.34
			40x40	ud	1	96.46	96.46
			50x50	ud	5	116.63	583.15
			Subtotal				2,196.87
PLUVIALES	TUBERÍAS PVC	DN63	m	40.7	18.77	763.94	
		DN75	m	8.35	19.68	164.33	
		DN90	m	2.5	22.28	55.70	
		DN110	m	11.4	22.71	258.89	
	CANALONES	DN100	m	25.5	12.59	321.05	
	ARQUETAS	40x40	ud	3	96.46	289.38	
		Subtotal				1,853.29	
		TOTAL				4,050.16	
SOLAR	CAPTADORES	Vaillant	2.3 m2	ud	4	616	2,464.00
		MO		ud	4	76.61	306.44
	CALDERA	Vaillant	VMW 246	ud	1	1495	1,495.00
		MO		ud	1	539	539.00
	DEPÓSITO	Vaillant		ud	1	527.99	527.99
		MO		ud	1	690.84	690.84
	TOTAL					6,023.27	
GAS NATURAL	TUBERÍAS	DN 1/4"	m	4.6	3.37	15.50	
		DN 3/8"	m	3.6	4.1	14.76	
		DN 1/2"	m	20.5	5.2	106.60	
		MO		ud	1	426	426.00
		TOTAL					562.86
TOTAL PROYECTO						66,062.61	

PLANOS





AGUA FRIA
 ACS
 ACS RECIRC
 ACS SOLAR

