

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
LABURPENA.....	6
MEMORIA.....	8
Introducción .....	8
Objetivos y Alcance .....	22
Beneficios que aporta el trabajo .....	22
METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO .....	24
Descripción de fases .....	24
Cálculos y Descripción de los resultados.....	30
ASPECTOS ECONÓMICOS .....	59
Descripción del presupuesto ejecutado.....	59
Análisis de rentabilidad .....	64
CONCLUSIONES .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXO I: Pliego de condiciones. Normativa aplicable. Plan de pruebas.....	69
ANEXO II: Planos.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Chimenea individual .....	8
Figura 2. Chimenea colectiva multientrada .....	9
Figura 3. Sistema de solo extracción. ....	10
Figura 4. Chimenea concéntrica .....	12
Figura 5. Chimenea concéntrica de dos paredes y chimenea concéntrica de triple pared.....	12
Figura 6. Chimenea colectiva en cascada.....	13
Figura 7. Funcionamiento caldera de condensación.....	15
Figura 8. Sistema simple flujo .....	17
Figura 9. Sistema doble flujo .....	19
Figura 10. Recuperación en invierno en un sistema de doble flujo .....	20
Figura 11. Refrescamiento natural pasivo en verano en un sistema doble flujo. ....	21
Tabla 1. Tipos de materiales dependiendo de la aplicación y el tipo de combustible. ....	27
Tabla 2. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.....	30
Tabla 3. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante por tipología de vivienda. ....	31
Figura 12. Secciones mínimas de los conductos de extracción para ventilación mecánica.....	31
Figura 13. Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical individual. ....	32
Figura 14. Cálculo según CTE de la sección mínima de los conductos verticales colectivos.....	33
Figura 15. Esquema de los conductos verticales colectivos.....	34
Figura 16. Esquema de los conductos horizontales. ....	37
Figura 17. Esquema cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso individual. ....	38
Tabla 4. Cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso individual. ....	39

Figura 18. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 1.....	42
Figura 19. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 2.....	43
Figura 20. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 3.....	44
Figura 21. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 1 para un conducto rectangular en PVC.....	46
Figura 22. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 2 para un conducto rectangular en PVC.....	47
Figura 23. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 3 para un conducto rectangular en PVC.....	48
Figura 24. Recuperador de calor JRI-PRO. ....	49
Figura 25. Curva característica del recuperador de calor JRI-PRO. ....	50
Figura 26. Curva de la eficiencia del recuperador de calor JRI-PRO.....	50
Tabla 5. Características del recuperador de calor JRI-PRO. ....	51
Figura 27. Esquema del cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso colectivo. ....	52
Tabla 6. Cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso colectivo.....	52
Figura 28. Recuperador de calor JRC-PRO. ....	53
Figura 29. Curva de la eficiencia del recuperador de calor JRC-PRO.....	54
Tabla 7. Características del recuperador de calor JRC-PRO. ....	54
Tabla 8. Selección de diámetro necesario para dimensionamiento en depresión. .	56
Figura 30. Cálculo de diámetro necesario mediante el software Easy Calc. ....	57
Figura 31. Presupuesto VMC en sistema individual.....	59
Tabla 9. Despiece teórico para VMC en sistema individual.....	60
Figura 32. Presupuesto VMC en sistema colectivo. ....	61
Tabla 10. Despiece teórico de VMC en sistema colectivo.....	62
Figura 33. Presupuesto de chimeneas para calderas en sistema colectivo.....	63
Tabla 11. Despiece teórico de chimeneas para calderas en sistema colectivo. ....	63

## RESUMEN

Este trabajo es un estudio técnico que explica la actividad desarrollada en el grupo industrial Jeremias. En este documento se estudian dos de las actividades principales realizadas en dicha empresa. Por un lado, se describe el proceso para realizar una valoración de chimeneas colectivas para calderas y por otro lado se analizan los diferentes sistemas de ventilación mecánica controlada para viviendas. Para ambos casos, se realiza un estudio de un edificio de viviendas como ejemplo de lo descrito anteriormente.

El trabajo sigue rigurosamente las indicaciones de las siguientes normativas:

- UNE 123001: Cálculo, diseño e instalación de chimeneas modulares.
- El apartado de Calidad del aire interior en el Documento Básico de Salubridad del Código Técnico de la edificación (CTE).

En el estudio de chimeneas colectivas para calderas se analizan los siguientes puntos:

- Selección del sistema y material necesario de chimenea.
- Cálculo del diámetro necesario de chimenea.

En el estudio de ventilación mecánica controlada (VCM) para viviendas se analizarán los siguientes puntos:

- Tipos de sistemas de VMC
- Cálculo de sección de conductos.
- Cálculo de pérdidas de carga.
- Selección de ventilador o recuperador de calor.

El trabajo también consta de la documentación necesaria para el fácil entendimiento del mismo, como pueden ser: planos, gráficas, tablas, figuras representativas, ejemplos sencillos de cada tema tratado...

## ABSTRACT

This work is a technical study that explains the activity developed in the Jeremias industrial group. This document examines two of the main activities carried out in that company. On the one hand, the process for carrying out an assessment of collective chimneys for boilers is described and on the other hand the different systems of controlled mechanical ventilation for homes are analyzed. For both cases, a study of a residential building is carried out as an example of what was described above.

The work strictly follows the indications of the following regulations:

- UNE 123001: Calculation, design and installation of modular fireplaces.
- The Indoor Air Quality section in the Basic Health Document of the Technical Building Code (CTE).

In the study of collective chimneys for boilers the following points are analyzed:

- Selection of the necessary chimney system and material.
- Calculation of necessary chimney diameter.

In the study of controlled mechanical ventilation (VCM) for homes, the following points will be analyzed:

- Types of VMC systems
- Calculation of ducts section.
- Calculation of load losses.
- Selection of ventilator or heat recuperator.

The work also consists of the necessary documentation for easy understanding of it, such as: plans, graphs, tables, representative figures, simple examples of each topic discussed ...

## LABURPENA

Lan hau Jeremias talde industrialean garatutako jarduera azaltzen duen ikerketa teknikoa da. Agiri honek enpresa horretan egiten diren jarduera nagusietako bi aztertzen ditu. Alde batetik, galdaretarako tximinia kolektiboen ebaluazioa egiteko prozesua deskribatzen da eta, bestetik, etxeetarako aireztapen mekaniko kontrolatuaren sistema desberdinak aztertzen dira. Bi kasuetarako, bizitegi-eraikin baten azterketa egiten da adibide gisa.

Lanak zorrotz jarraitzen ditu araudien adierazpenak:

- UNE 123001: Tximinia modularrak kalkulatu, diseinatu eta instalatzea.
- Barneko Airearen Kalitatearen atala, Eraikuntzaren Kode Teknikoaren Oinarrizko Osasun Dokumentuan (CTE).

Galdaretarako tximinia kolektiboen azterketan puntu hauek aztertzen dira:

- Arauaren arabera, instalatu beharreko tximinia sistema eta materialaren hautatzea.
- Arauaren arabera, instalatu beharreko tximiniaren diametroaren kalkulua.

Etxeetako aireztapen mekaniko kontrolatuaren (VCM) azterketan puntu hauek aztertuko dira:

- VMC sistema motak
- Estandarraren arabera instalatu beharreko hodian kalkulua.
- Karga-galeren kalkulua.
- Instalatu beharreko haizagailuaren hautatzea.

Lana erraz ulertzeko, beharrezko dokumentazioaz osatzen da, hala nola: planoak, grafikoak, taulak, irudi adierazgarriak, aztertutako gai bakoitzaren adibide errazak ...

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

*DOCUMENTO 1. MEMORIA*

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

# MEMORIA

## Introducción

El grupo industrial Jeremias SA se dedica a la fabricación, comercialización y distribución de chimeneas modulares metálicas. Su principal actividad se centra en chimeneas colectivas para calderas, extracción de campanas de cocina y sistemas de ventilación mecánica controlada.

### Chimeneas colectivas para calderas:

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes.

Una chimenea es una estructura compuesta de una o varias paredes que encierran uno o varios pasos de gases que evacuan los productos de la combustión desde la salida del aparato que los genera hasta la cubierta del edificio. Esta estructura se compone habitualmente de un tramo horizontal o conducto de unión y de un tramo vertical.

1. Chimenea individual:

Chimenea que presta servicio a un solo aparato.

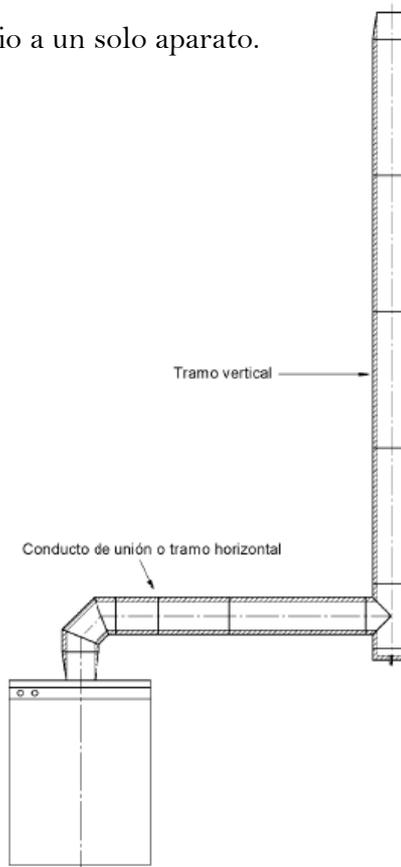


Figura 1. Chimenea individual

## 2. Chimenea colectiva:

Chimenea que presta servicio a más de un aparato.

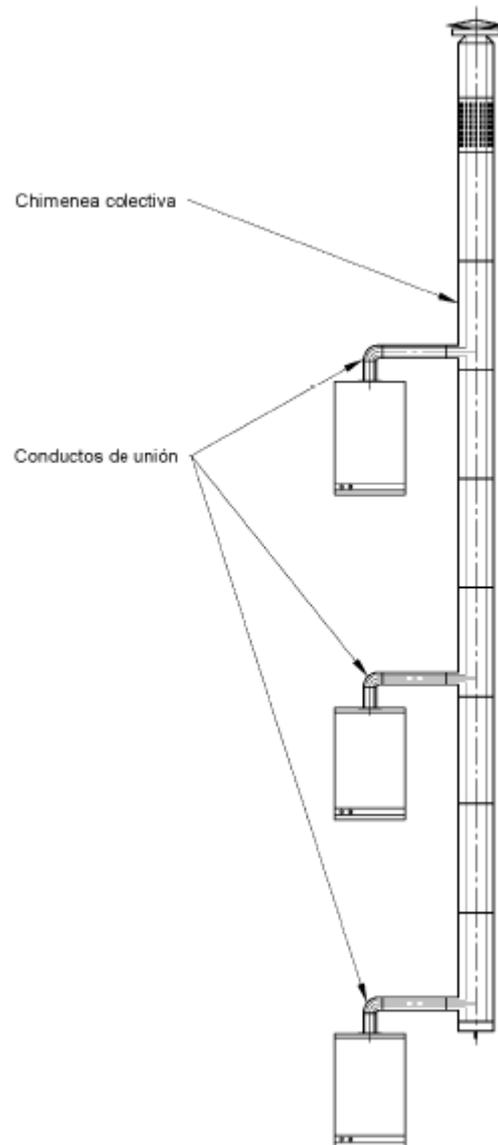


Figura 2. Chimenea colectiva multientrada

Dentro de las chimeneas colectivas diferenciamos entre:

2.2. Chimeneas con sistemas de solo extracción:

En los casos en que la caldera esté cerca de la fachada (ya sea la exterior como la de un patio interior) el sistema más adecuado es un sistema colectivo de sólo extracción junto con un conducto individual de toma de aire en cada una de las calderas que tome el aire de la fachada.

En estos casos la normativa permite un máximo de 5 calderas conectadas a la misma chimenea colectiva con un máximo de 2 calderas conectadas por planta.

Éste se considera un sistema no equilibrado puesto que las entradas de aire y la extracción de humos no se encuentran en el mismo punto y puede haber diferencias de presiones entre ellos.

El dimensionamiento se puede realizar en depresión o en sobrepresión. En sobrepresión el diámetro de la chimenea será menor, pero debe haber sistema de seguridad (válvulas anti retorno) para evitar que los humos en la chimenea puedan entrar en calderas que no estén funcionando.

Estas chimeneas deben ser de doble pared (SEE) si van por el exterior o por patinillo compartido, pudiendo ser de simple pared (SVC) si van por patinillo exclusivo sin compartir con otras instalaciones.

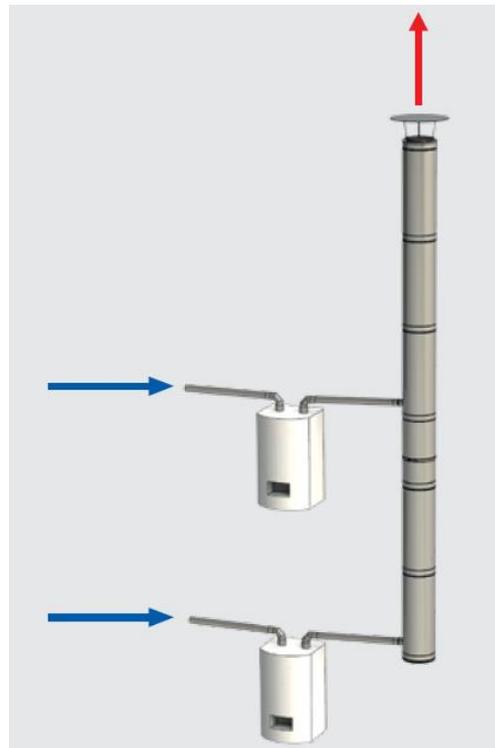


Figura 3. Sistema de solo extracción.

### 2.3. Chimeneas con sistema concéntrico:

Chimenea compuesta de dos conductos concéntricos, en la cual el conducto interior se emplea para la evacuación de los gases de combustión, y el exterior para el suministro de aire de combustión de calderas estancas. Cuando el conducto interior es de doble pared con aislamiento intermedio, la chimenea se denomina de triple pared. Si dicho conducto es de pared simple la chimenea se denomina de dos paredes.

Los sistemas de calefacción individual con caldera mural en edificios de viviendas tienen la posibilidad de instalar chimeneas colectivas que den servicio a múltiples calderas en el mismo conducto de chimenea.

En los casos en que la caldera esté lejos de la fachada el sistema más adecuado es un sistema colectivo concéntrico que extraiga los humos e introduzca el aire de admisión por el mismo conducto concéntrico.

En estos casos la normativa permite un máximo de 10 calderas conectadas a la misma chimenea colectiva con un máximo de 2 calderas conectadas por planta.

Éste se considera un sistema equilibrado puesto que la entrada de aire y la extracción de humos se encuentran en el mismo punto (en el elemento terminal) y no habrá diferencias de presiones entre ellos.

El dimensionamiento igual que en el caso anterior se puede realizar en depresión o en sobrepresión.

Estas chimeneas se recomienda que sean de triple pared (SET) y tengan aislamiento entre el conducto de humos y el de entrada de aire en zonas en las que la temperatura exterior en invierno sea muy baja (varios grados bajo cero) para evitar la eventual congelación de los condensados en el conducto de humos.

En zonas donde el frío no sea tan intenso el sistema de doble pared concéntrico sin aislamiento (SED) es perfectamente válido.



Figura 4. Chimenea concéntrica

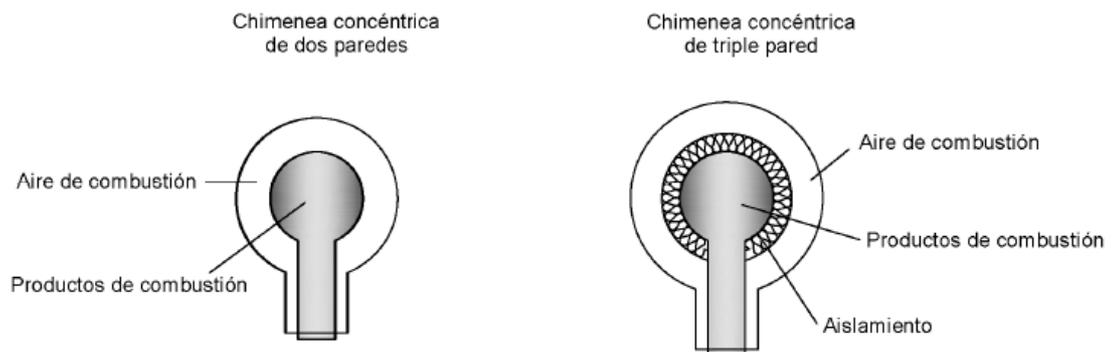


Figura 5. Chimenea concéntrica de dos paredes y chimenea concéntrica de triple pared

### Conducto de unión:

El conducto de unión en chimeneas individuales equivale al tramo horizontal de la chimenea. En chimeneas colectivas en configuración multientrada es el conducto de evacuación de gases que conecta la salida del aparato con la chimenea colectiva. En chimeneas colectivas de configuración en cascada es el conducto de evacuación de gases que conecta la salida del aparato con el tramo horizontal de la chimenea colectiva o colector.

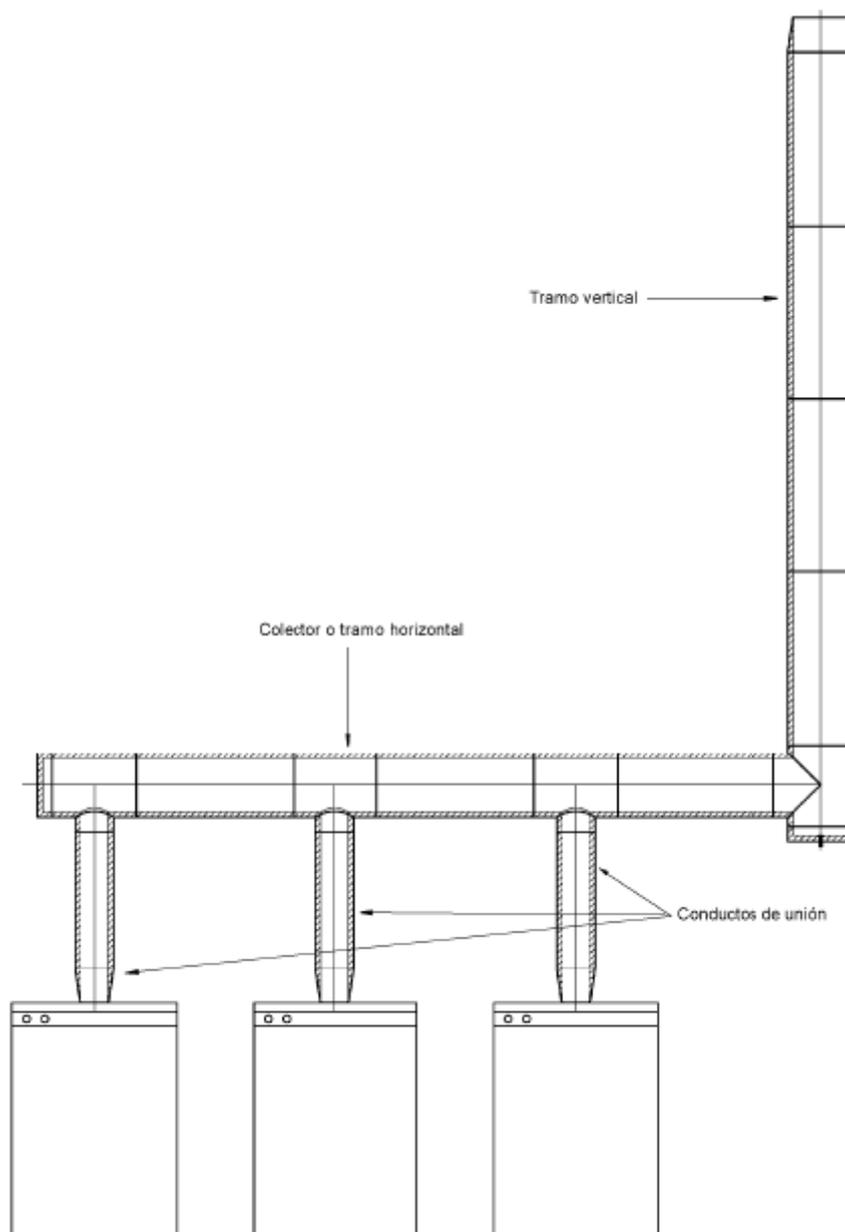


Figura 6. Chimenea colectiva en cascada

Después de describir los diferentes tipos de chimeneas, se procede a explicar la diferencia entre una caldera y un calentador, puesto que será imprescindible conocer las características de las mismas para realizar el dimensionamiento de la chimenea. Estas características vendrán descritas en la ficha técnica del fabricante de la caldera o calentador en cuestión.

La principal diferencia entre la caldera y el calentador es su fuente de alimentación, dado que utilizan energías distintas, pero tienen funciones que son muy similares.

#### 1. Caldera de gas

Las calderas cumplen una doble función, se utilizan tanto para el agua caliente sanitaria como para la calefacción de una vivienda. Su fuente de energía es el gas, ya sea butano, propano o gas natural. El gasoil también es una energía utilizada, aunque cada vez con menos frecuencia y son muchos los hogares que prefieren sustituir el gasoil por el gas natural.

También existen calderas eléctricas, aunque el consumo de luz es muy elevado. Todos estos aparatos, a excepción de los de gas natural, incorporan una chimenea que hace de salida de humos. Esta vía de escape varía en función del tipo de caldera que haya instalada.

También existen calderas exclusivamente para la calefacción que son más baratas que las que cumplen una doble función.

#### 2. Calentador eléctrico y de gas

Los calentadores presentan principalmente dos diferencias frente a las calderas. Por un lado físico, su tamaño es más pequeño; por otro su uso, los calentadores sirven exclusivamente para suministrar agua caliente sanitaria.

Como hemos visto, las calderas son utilizadas con suministro de gas y lo mismo ocurre con los calentadores, pudiendo utilizar esta energía o la electricidad. Los calentadores están conectados a la toma general de la entrada de agua y la salida de agua caliente recorre los conductos hasta la vivienda.

El calentador empieza a funcionar en el momento en el que se abre el grifo (un quemador calienta el agua antes de que llegue al grifo) lo que hace que el agua tarde unos segundos en alcanzar la temperatura deseada.

### 3. Tipos de caldera

Actualmente, existen distintos tipos de calderas en función de las necesidades del cliente y también de las condiciones de su vivienda. Las opciones son las siguientes:

- Estancas: presentan una cámara cerrada herméticamente, dentro de la cual se realiza la combustión de los gases. La evacuación de estos se lleva a cabo con la ayuda de un ventilador.
- Bajo NOx: su funcionamiento es muy similar a las estancas, salvo que los humos que expulsa al exterior son menos contaminantes y consumen menos luz.
- Condensación: Las calderas de condensación se caracterizan fundamentalmente porque aprovechan la energía obtenida debido a la condensación del vapor de agua, contenida en los humos producto de la combustión, para pre-calentar el agua de entrada al equipo y de esta manera aumentar el rendimiento de la misma.

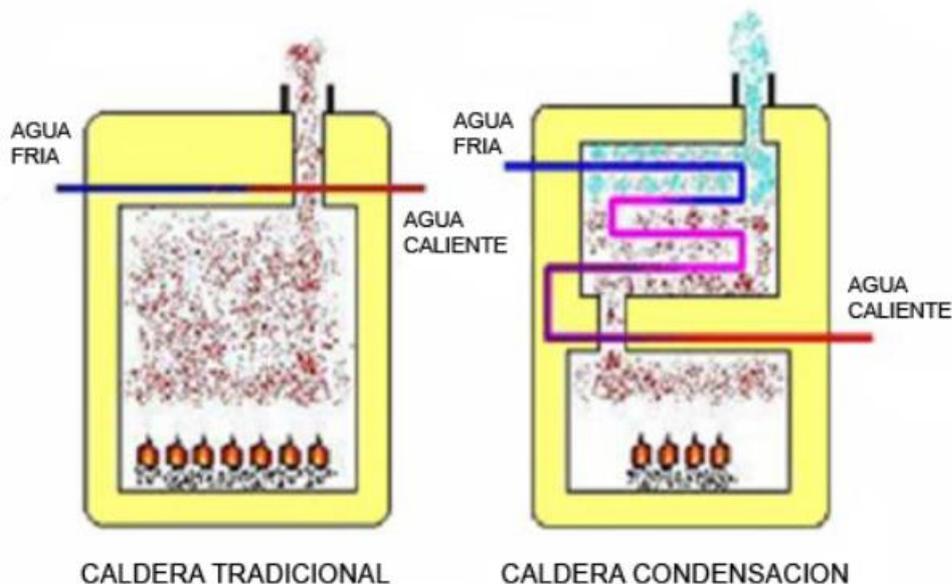


Figura 7. Funcionamiento caldera de condensación.

El funcionamiento de una caldera de condensación las hace más eficientes frente a las calderas estancas, pero también las hace menos seguras debido a la corrosión que pueden causar los condensados. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos aspectos a la hora de seleccionar el material con la que se construirá la chimenea como se verá más adelante.

#### 4. Tipos de calentador

Al igual que con las calderas, hay distintos tipos de calentadores entre los cuales el consumidor podrá elegir en función de sus características.

- Atmosféricos: la combustión se realiza cogiendo el oxígeno de la misma habitación donde está ubicado y lo lanza al exterior por una chimenea general o por la fachada.
- Tiro Forzado: el funcionamiento es el mismo que en los atmosféricos, salvo que incluye un ventilador para la evacuación de gases, ayudando así a evitar paradas en el calentador mientras está en funcionamiento.
- Estancos: la combustión se lleva a cabo dentro de una cámara cerrada herméticamente y la evacuación de los gases con ayuda de un ventilador. Son más seguros y más eficientes.

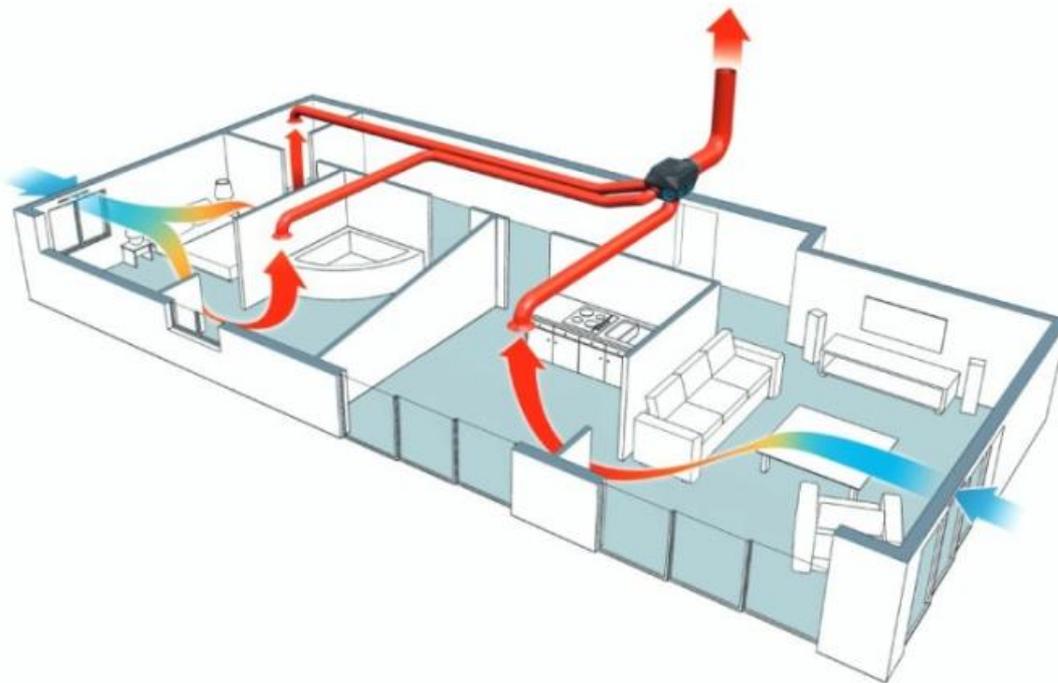
#### **Sistemas de ventilación mecánica controlada (VMC):**

##### Sistema tradicional:

La forma en la que se ventilan los hogares ha cambiado significativamente en los últimos años, en los antiguos sistemas naturales la renovación del aire se producía a través del tiro térmico, el aire se movía por la diferencia de densidades entre el aire caliente y viciado del interior y el aire fresco del exterior o por la acción del viento que entraba a través de las infiltraciones.

##### Sistema Simple Flujo:

Las nuevas normativas han promovido la construcción de hogares más estancos y eficientes, provocando que el tiro térmico no sea suficiente para evacuar el aire viciado, ante esta situación se necesita implementar soluciones como la VMC compuesta por diferentes elementos y una red de conductos que permite conducir el aire a través de la vivienda garantizando así la extracción necesaria, las soluciones de VMC disponen de: bocas de extracción, situadas en los baños y cocinas que extraen el aire viciado generado en las diferentes estancias de la vivienda, un ventilador de extracción que genera la depresión necesaria para asegurar la circulación del aire, y entradas de aire, ubicadas en las habitaciones y en el salón que permiten controlar la admisión de aire nuevo en la vivienda.



**Figura 8. Sistema simple flujo**

Para limitar el consumo y obtener un caudal constante, se pueden incorporar en estos sistemas bocas de extracción y admisión autorregulables equipadas con elementos que modifican el paso de aire en función de la presión, para obtener una mayor eficiencia podemos optar por un sistema higrorregulable equipado con sensores de humedad tanto en las bocas de extracción como en las entradas de aire, lo que permite modular el caudal en función de la humedad, estas bocas pueden incorporar además un sistema de detección de presencia que permite aumentar el caudal cuando se haga uso de la estancia.

Para la evaluación de un sistema de ventilación mecánica higrorregulable se hace uso del documento de idoneidad técnica (DIT).

El sistema ventilación mecánica higrorregulable para viviendas es un sistema que permite la ventilación controlada de la vivienda en función del contenido de humedad presente en su interior. La admisión de aire exterior se realiza a través de entradas de aire o aireadores higrorregulables situadas en los locales secos (salas de estar, comedores, dormitorios) y la extracción del aire viciado se realiza por bocas de extracción también higrorregulables situadas en los locales húmedos (cocinas, baños, aseos y lavaderos) consiguiendo una circulación de aire de los locales secos a los húmedos.

La depresión generada por las unidades de ventilación y transmitida por las bocas de extracción provoca la admisión de aire a través de los aireadores en los locales secos. La circulación del aire dentro de la propia vivienda se realiza a través de aberturas de paso situadas en las puertas o paredes divisorias de las estancias.

La peculiaridad del sistema consiste en la regulación automática de los caudales de admisión y extracción de aire en función de la variación de humedad relativa del ambiente interior (muy influenciada por la presencia y actividad humana) y opcionalmente por detección de presencia, garantizando siempre un caudal mínimo de ventilación.

El funcionamiento higrotérmico tanto de las entradas de aire como de las bocas de extracción higroregulables, se basa en el empleo de sensores de humedad que se alargan (a mayor humedad) o se contraen (a menor humedad) proporcionalmente a la humedad relativa detectada en el local donde están situadas, actuando sobre la(s) compuerta(s) de paso de aire abriéndolas o cerrándolas respectivamente.

### Sistema Doble Flujo:

Este sistema consiste en que, mediante un recuperador de calor, que a través de unos ventiladores extrae aire viciado por los locales húmedos e impulsa aire limpio por los locales secos, se consigue que en invierno el aire limpio entre a la vivienda con cierta temperatura aprovechando el calor del aire viciado y en verano entre el aire más frío del exterior dentro de la vivienda. Este recuperador de calor no sustituye ningún método de calefacción ni acondicionamiento del hogar, pero sí que permite un mayor confort y ahorro de energía.

Los sistemas de doble flujo nos permiten obtener la mayor eficiencia de un sistema de ventilación, las entradas de aire de la fachada se sustituyen por una red de conductos que permite eliminar el desconfort generado por la entrada directa de aire en las estancias, los sistemas de doble flujo incorporan un recuperador de calor, donde se cede gran parte de la energía contenida en el aire de extracción al aire de admisión, así atemperamos el aire que introducimos en la vivienda y reducimos el consumo de energía, además el equipo cuenta con filtros que reducen la presencia de partículas contaminantes en el aire de admisión, en estos sistemas el aire circula por los conductos gracias a un ventilador de impulsión que introduce el aire limpio y filtrado en las zonas secas, evitando la entrada del ruido exterior y mejorando la calidad del aire interior. Eficiencia, aislamiento, filtración y confort hacen del sistema de doble flujo la solución óptima para el usuario.

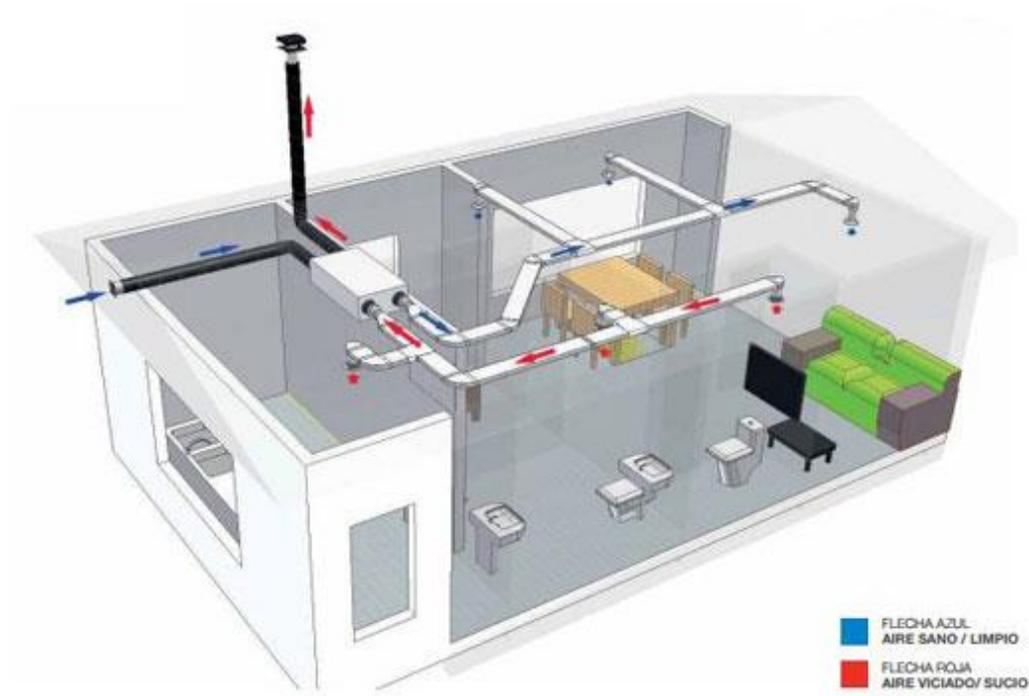


Figura 9. Sistema doble flujo

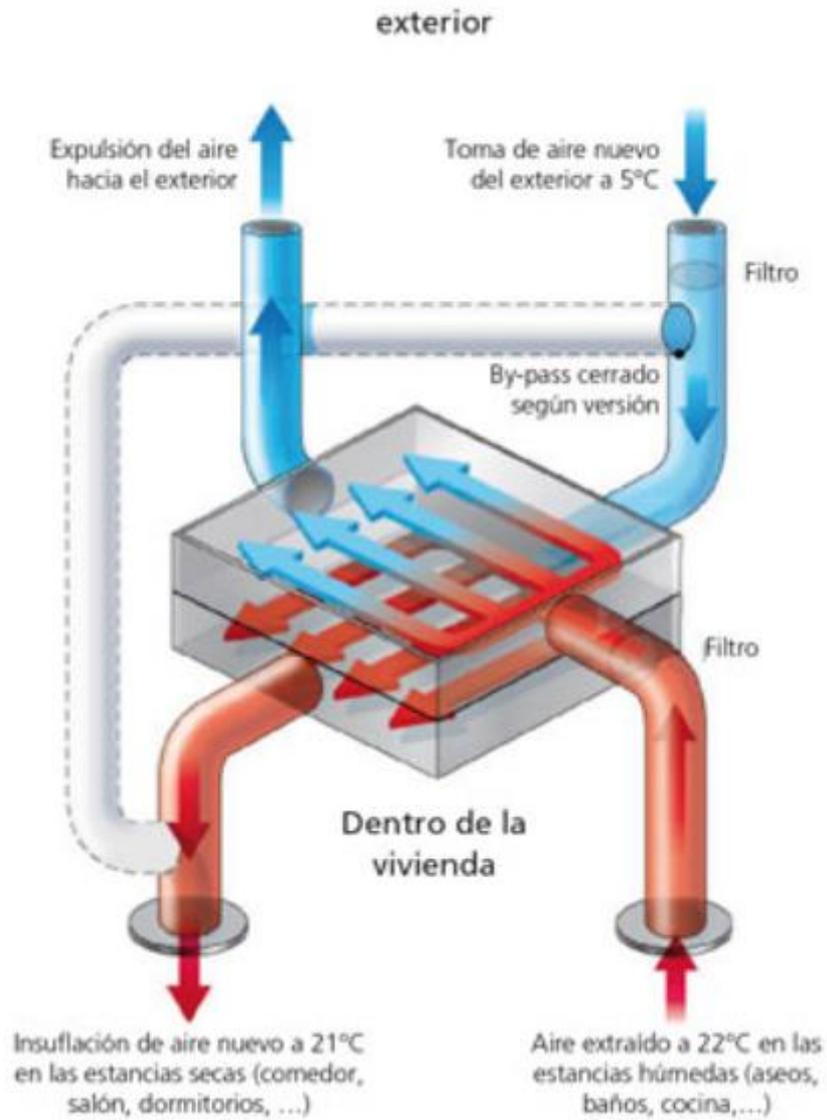


Figura 10. Recuperación en invierno en un sistema de doble flujo

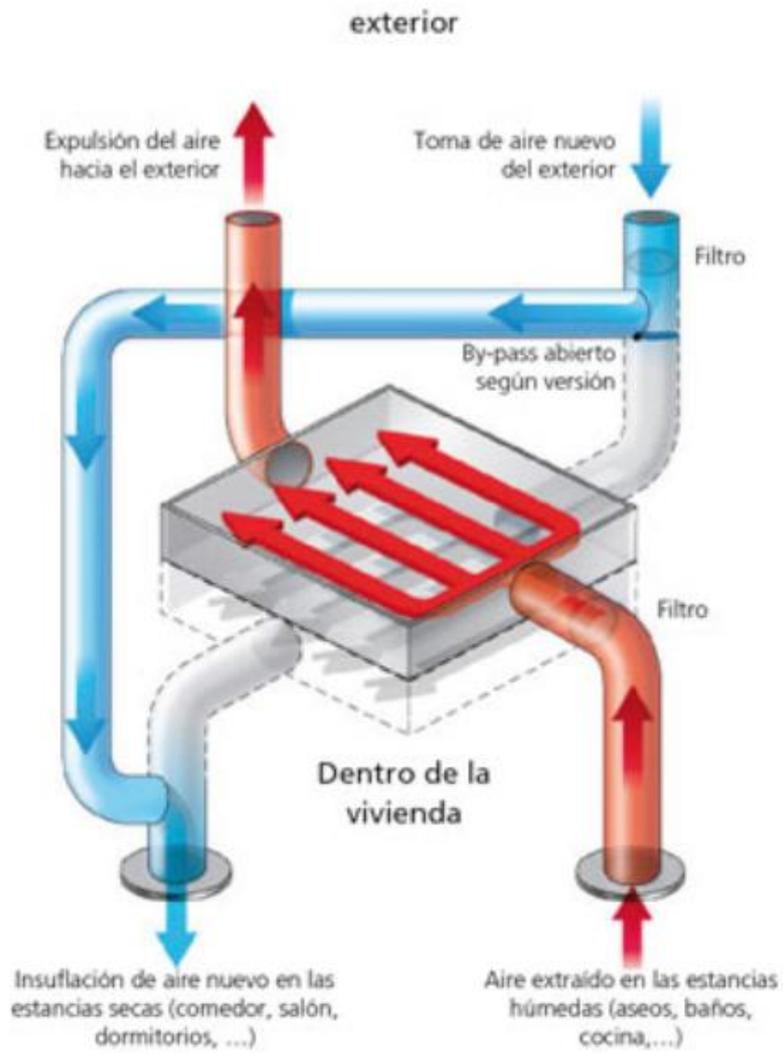


Figura 11. Refrescamiento natural pasivo en verano en un sistema doble flujo.

## Objetivos y Alcance

Describir la realización de una valoración en los ámbitos de ventilación residencial, extracción de campanas y chimeneas colectivas para calderas. Para ello, se realizará el estudio de un edificio donde se analizarán los siguientes aspectos:

- Análisis de los cálculos e interpretación de los resultados para el ejemplo estudiado.
- Realización de diferentes variantes para un mismo estudio con el objetivo de comparar resultados.
- Presupuesto de las diferentes variantes y comparación de resultados.
- Conclusiones tras el análisis realizado.

## Beneficios que aporta el trabajo

Explicar la realización de estudios en un campo poco estudiado como es la ventilación, analizando los diferentes sistemas que existen. La realización del estudio nos aportara diferentes conocimientos y capacidades como pueden ser:

- Interpretación de resultados.
- Capacidad de aportar soluciones a un problema.
- Capacidad de reflexión y aportación de conclusiones.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

***DOCUMENTO 2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL  
DESARROLLO DEL TRABAJO***

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

# METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

## Descripción de fases

A continuación, se desarrollará el estudio técnico que deberá seguir para la realización de un proyecto de chimeneas para calderas y de sistemas de ventilación mecánica controlada.

### Fases de un estudio de chimeneas para calderas

En primer lugar, para realizar una valoración de chimeneas para calderas/calentadores y sus correspondientes cálculos y verificaciones, lo primero de todo es saber si el aparato a conectar en la chimenea es un calentador o una caldera ya que la chimenea variará según cuál de ellos sea.

En segundo lugar, hay que consultar la ficha técnica del calentador/caldera para dimensionar la chimenea según sus características.

Los datos más relevantes de la ficha técnica a la hora de calcular el diámetro de la chimenea que darán servicio a las calderas y cumplir la normativa establecida son; la potencia y el tipo de calentadores o calderas que se vayan a instalar a la chimenea.

La principal diferencia entre la caldera de condensación y la estanca es que esta última cuenta con una cámara que está completamente sellada. Dentro de esta es donde tiene lugar la combustión del gas, por lo que es considerada una caldera de gas muy segura. Esta zona se coloca en un lugar independiente al resto del equipo. Así, si buscamos seguridad en nuestro hogar, este punto es clave para elegir entre una caldera de condensación o estanca.

### Normativa en la instalación de calderas estancas o de condensación:

Debido a las nuevas normativas europeas para las calderas estancas o de condensación, el montaje de estas últimas es obligatorio en las obras nuevas. La finalidad es la reducción de la contaminación del medio ambiente. Si lo que queremos es sustituir una caldera por otra, debemos valorar las limitaciones existentes para las calderas estancas o de condensación. En los edificios de viviendas, las calderas de condensación pueden colocarse si hay salidas de humos, tanto a la fachada como a los patios interiores. Sin embargo, debe existir una instalación para los desagües.

Cualquier tipo de caldera que adquiramos debe contar hoy en día con una etiqueta en la que se indique la contaminación acústica y la eficiencia energética. Así, podremos valorar la diferencia entre la caldera de condensación y la estanca. Otro punto clave en las normativas, es que todas aquellas calderas que no reúnan los requisitos establecidos

deben dejar de ser fabricadas. Se potencia así la salida del mercado de las calderas estancas o de condensación que no se ajusten a aquellos.

En tercer lugar, una vez que se haya estudiado la ficha técnica hay que saber en qué sistema se realiza el proyecto.

La norma UNE 13384-2 define dos tipos de chimeneas modulares colectivas no equilibradas (sólo evacuación) y equilibradas (concéntricas).

En este trabajo se explicarán varios sistemas para ambos tipos de chimeneas, los cuales tienen aplicaciones y condicionantes diferentes según las exigencias de la norma UNE 12300I:2012.

#### SISTEMAS SEE Y SVC (Figura 3)

- Se pueden conectar un máximo de 10 calderas, hasta 5 plantas conectadas y pudiéndose conectar 2 calderas por planta.
- Cuando existan dos conexiones por planta, éstas deben incorporar un deflector intermedio que impida la entrada de los gases de combustión procedentes de una de las conexiones hacia la otra, reduciendo así mismo las pérdidas de presión por turbulencias.
- Posibilidad de instalación en sobrepresión instalando juntas de silicona en todos los módulos.
- Facilidad de montaje (te, módulo recto y módulo regulable)
- Sistema SEE, fabricado con lana de roca de alta densidad, de 25 mm de espesor y ausencia de puente térmico.

#### SISTEMAS SED Y SET (Figura 4)

- Se pueden conectar un máximo de 10 calderas, hasta 10 plantas conectadas y pudiéndose conectar dos calderas por planta.
- Cuando existan dos conexiones por planta, éstas deben incorporar un deflector intermedio que impida la entrada de los gases de combustión procedentes de una de las conexiones hacia la otra, reduciendo asimismo las pérdidas de presión por turbulencias.
- En el caso de chimeneas no dimensionadas en sobrepresión, se debe instalar en la base de la chimenea un dispositivo cortatiros. Siendo necesaria una altura mínima de 1 metro entre la conexión de la primera caldera y el cortatiros, en el caso específico de chimeneas que prestan servicio a calderas de condensación.
- Posibilidad de instalación en sobrepresión instalando juntas de silicona en todos los módulos + colector de sobrepresión con calderas de condensación.
- Facilidad de montaje (te, módulo recto y módulo regulable)
- Sistema SET, fabricado con lana de roca de alta densidad, de 25 mm de espesor y ausencia de puente térmico.

En cuarto lugar, hay que consultar las normativas respecto al tipo del material con el cual deben ser construidas el interior y exterior de los conductos rígidos y chimeneas en función de la aplicación y las reglas de utilizo de conductos de simple pared y doble pared con aislamiento.

Se desarrollan los conductos metálicos rígidos en Acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 y los espesores en base a su diámetro interno. En una forma más sencilla se puede decir, la diferencia entre el acero inoxidable de grado 304 y el acero inoxidable de grado 316 es la siguiente:

- 304 – contiene 18 % de cromo y 8 % de níquel, mientras que:
- 316 – contiene 16 % de cromo, 10 % de níquel y 2 % de molibdeno

El acero inoxidable del Tipo 316L es una versión de carbón extra bajo del Tipo 316 que minimiza la precipitación de carburos perjudiciales en la zona afectada por el calor durante la soldadura.

### **¿Cuál es el fundamento de la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables?**

Se denominan aceros inoxidables a aquellas aleaciones que contienen un mínimo de 10.5 - 11% de cromo.

Los aceros inoxidables o resistentes a la corrosión, adquieren esta propiedad a través de la formación de una capa superficial invisible y muy adherente de un óxido muy rico en cromo, llamada película de pasivación, que se forma y recompone espontáneamente en la presencia de oxígeno.

Esta capa es continua, adherente, no porosa, insoluble, y autorreconstituible en la presencia de oxígeno cuando es deteriorada.

### **Cómo debe ser la pared interna según la Normativa**

La pared interior es, por definición, la más importante en cuanto es la que se expone a mayor posibilidad de corrosión.

En la tabla que viene a continuación, se encuentra; por un lado, el tipo de aplicación (Caldera, chimenea, estufa, etc.) y por el otro el tipo de combustible (gas, gasoil, combustibles sólidos) y el correspondiente tipo mínimo de acero de la pared interna.

Chimeneas, conductos interiores rígidos y conductos de unión rígidos	GAS	GASOIL	SOLIDOS
Caldera genérica estándar	AISI 304	AISI 304	AISI 316L
Caldera genérica de baja temperatura	AISI 304	AISI 316L	AISI 316L (Chimenea aislada <sup>1)</sup> )
Caldera genérica de condensación	AISI 316L	AISI 316L	
Caldera estanca (tipo C) <sup>2)</sup> o atmosférica (tipo B) <sup>2)</sup> , de combustible gas, estándar o de baja temperatura y potencia útil igual o inferior a 70 kW	AISI 304 (Chimenea colectiva)		
Chimenea de salón, estufa o insertable	AISI 304		AISI 316L
Grupo electrógeno, turbina o bomba contra incendios	AISI 304	AISI 304	
Grupo electrógeno con recuperador de calor (CHP), o equipo de micro-congeneración	AISI 316L	AISI 316L	
Cocina industrial (potencia instalada >20 kW)	AISI 304		
<p><sup>1)</sup> Con el fin de limitar la formación de condensados, los cuales pueden resultar particularmente agresivos con algunos combustibles pertenecientes a este grupo, como por ejemplo algunos tipos de pellets, la chimenea debe estar convenientemente aislada. El valor mínimo de la resistencia térmica de la chimenea, calculado según el anexo F, debe ser de 0,4 m<sup>2</sup>·K/W.</p> <p><sup>2)</sup> Clasificación de aparatos que utilizan combustibles gaseosos según la forma de evacuación de los productos de combustión (tipos), según el informe UNE-CEN/TR 1749 IN.</p>			

Tabla 1. Tipos de materiales dependiendo de la aplicación y el tipo de combustible.

## **Cómo debe ser la pared externa según la Normativa**

En la pared exterior normalmente se usa el acero AISI 304 con excepción de ambientes corrosivos donde se utilizará acero AISI 316L

### **¿Qué tipo de tubo de chimenea se debe usar en el exterior?**

Con el fin de evitar la formación de condensaciones y la pérdida de tiro en la chimenea por enfriamiento de los humos, ésta deberá estar convenientemente aislada durante todo su recorrido por el exterior.

Las chimeneas que discurran por el exterior del edificio deben estar convenientemente aisladas. La temperatura de la pared exterior no debe superar los 70 °C en condiciones normales de funcionamiento y deben cumplir con los requisitos mínimos de resistencia a la corrosión ambiental.

### **¿Y si la chimenea pasa por dentro de patinillos?**

En los tramos que discurran por esta ubicación, donde suelen ir acompañados de otros tipos de conductos: eléctricos, de gas, de ventilación etc., a los que pueden afectar, la chimenea deberá ser de doble pared aislada, y deberá respetar las distancias mínimas a materiales combustibles.

Una vez descritas las fases para realizar una valoración de chimeneas colectivas para calderas, se procederá a desarrollar los pasos a seguir para realizar un estudio de ventilación mecánica controlada.

## **Fases de un estudio de ventilación mecánica controlada (VMC)**

En primer lugar, se debe saber si el sistema de ventilación se realizará en simple flujo o en doble flujo, descritos anteriormente.

En segundo lugar, se debe saber si se optara por un sistema individual, un sistema colectivo o una combinación de ambos.

El sistema individual sería la opción más recomendable en edificios con patinillos estrechos, mientras que el sistema colectivo sería la opción más eficaz para edificios con altura, ya que sería la opción con mejor relación costes/eficiencia.

En tercer lugar, se analizan las tipologías de las viviendas que irán conectadas a las verticales de ventilación, de esta manera se sabrá el caudal total que debe extraer cada vertical. En función del caudal que recoge cada vertical, se podrán calcular los diámetros de las verticales que deben instalarse.

En cuarto lugar, se deberá elegir el tipo de ventilador para extracción de aire viciado para el caso de ventilación simple flujo o el recuperador de calor a instalar en el caso de doble flujo.

El ventilador de extracción o recuperador de calor a instalar dependerá de la relación caudal/presión que se necesite para el correcto funcionamiento de la instalación. Se elegirán atendiendo al punto de trabajo necesario para caso de estudio, este punto de trabajo lo obtendremos a través de las fichas técnicas proporcionadas por los proveedores donde vendrá representada la información necesaria a través de gráficas y descripciones del producto.

En quinto lugar, se procederá a dibujar los esquemas de verticales, los planos para los conductos horizontales con las respectivas bocas de extracción e impulsión (en el caso de doble flujo) y las ubicaciones en cubierta de las verticales necesarios para la facilitación de los montadores a la hora de la instalación en obra.

Por último, se debe valorar también la extracción de campanas de cocina. Por normativa se sabe que cada campana extrae 50 l/s, por lo tanto, el diámetro del conducto dependerá del número de campanas que se conecten a la vertical. El conducto en este caso tendrá que ser canalizado tal y como indica la normativa.

## Cálculos y Descripción de los resultados

### Descripción del proyecto

A continuación, se analizará el estudio de una instalación de ventilación de doble flujo con recuperador de calor y chimeneas colectivas para calderas. Los planos y esquemas correspondientes se encontrarán en el apartado indicado en el índice del trabajo.

Para el beneficio del trabajo y para un estudio más completo, se irán explicando diferentes variantes a lo largo del ejemplo que se propone, analizando las respectivas ventajas y desventajas que aporta cada variante.

El ejemplo a estudiar es un edificio de 42 viviendas y 6 plantas ubicado en Valdemoro, situada en el sur de la comunidad de Madrid.

### Cálculos de ventilación mecánica controlada en un sistema de doble flujo con recuperador de calor

En primer lugar, se calcula el caudal necesario que se deberá extraer e impulsar en cada vivienda. Para ello, será necesario cumplir con los requisitos que establece la normativa en el Documento Básico HS de Salubridad en el apartado HS3 Calidad del aire interior, donde se indican los caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. A continuación, se presenta un extracto de la norma donde se indican dichos requisitos:

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

**Tabla 2. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.**

De esta manera se procederá a estudiar las tipologías de viviendas que constituyen nuestro edificio y mediante la siguiente tabla que cumple los requisitos de la norma se irán calculando los caudales que se extraen y se impulsan en cada vivienda.

DOBLE FLUJO EKKOAIR: EXTRACCIÓN/IMPULSIÓN COMPENSADO POR VIVIENDA										
TIPOLOGÍA	EXTRACCIÓN					Q total vivienda	IMPULSIÓN			
	COCINA	*BAÑO 1	*BAÑO 2	*BAÑO 3	*BAÑO 4		SALÓN	DOR. PPAL	D1	D2
0D + 1LH	30	30				60	60			
1D + 1LH	30	30				60	30	30		
1D + 2LH	30	30	30			90	45	45		
2D + 1LH	60	30				90	45	30	15	
2D + 2LH	30	30	30			90	45	30	15	
2D + 3LH	30	30	30	30		120	45	45	30	
3D + 1LH	60	60				120	45	30	30	15
3D + 2LH	60	30	30			120	45	30	30	15
3D + 3LH	30	30	30	30		120	45	30	30	15
4D + 2LH	60	30	30			120	45	30	15	15
4D + 3LH	30	30	30	30		120	45	30	15	15
3D + 4LH	30	30	30	30	30	150	60	30	30	30
4D + 4LH	30	30	30	30	30	150	45	30	30	30

\* Baño o local en el que existen aparatos que consumen agua, alimentados por las derivaciones de aparato de la instalación interior particular.

**Tabla 3. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante por tipología de vivienda.**

En la tabla se observa que los caudales de extracción e impulsión vienen compensados en las diferentes tipologías, es decir, de los locales húmedos se extrae el mismo caudal que se impulsa en los locales secos, tal y como indica la normativa.

En segundo lugar, se calculan los diámetros necesarios que deberán disponer los conductos a instalar para que cumpla con la normativa. En el siguiente extracto de la norma se indican los requisitos de sección que se deben cumplir:

#### 4.2.2 Conductos de extracción para ventilación mecánica

- 1 Cuando los conductos se dispongan contiguos a un *local habitable*, salvo que estén en cubierta o en locales de instalaciones o en patinillos que cumplan las condiciones que establece el DB HR, la sección nominal de cada tramo del *conducto de extracción* debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula 4.1:

$$S \geq 2,5 \cdot q_{vt} \quad (4.1)$$

siendo

$q_{vt}$  el caudal de aire en el tramo del conducto [l/s], que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las *aberturas de extracción* que vierten al tramo.

- 2 Cuando los conductos se dispongan en la cubierta, la sección debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula

$$S \geq 1,5 \cdot q_{vt} \quad (4.2)$$

**Figura 12. Secciones mínimas de los conductos de extracción para ventilación mecánica.**

De esta manera, se procede a calcular la sección de extracción de los conductos para que cumplan con el CTE. En este caso al tratarse de un sistema individual se opta por instalar el mismo dimensionado de conductos para toda la obra como se verá más adelante.

Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical individual:

<b>Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical</b>			
Nº lavaderos:	0		
Nº baños:	2		
Nº cocinas (m²):	1	(10.0 m2)	
Caudal por lavaderos:	0	8.33 l/s	0.00 l/s
Caudal por baños:	2	8.33 l/s	17 l/s
Caudal por cocinas:	1	16.67 l/s	16.67 l/s
Caudal total:		33.33 l/s	
Sección extracción según CTE: $S(\text{cm}^2) = 2,5 \times Q(\text{l/s}) \rightarrow$		S = 83 cm2	
Con esta sección calculada el diámetro exacto sería:			Ø103 mm
<b>Por lo que el mínimo diámetro recomendado por Jeremias es:</b>			<b>Ø130 mm</b>

**Figura 13. Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical individual.**

En nuestro ejemplo la ingeniería ha optado por utilizar unos conductos de sección rectangular 220 x 55 mm, como podemos observar la sección cumple con los requisitos de la norma puesto que  $S = 220 \times 55 \text{ mm} = 12100 \text{ mm}^2 \geq 8300 \text{ mm}^2$ . Se aprecia que se podría haber optado por conductos con sección más pequeña y haber reducido costes, además se ha optado por utilizar la misma sección de conducto para los tramos verticales que para las horizontales. El cálculo realizado en la figura 13 corresponde a la sección de los tramos verticales puesto que se ha realizado teniendo en cuenta el caudal total que se extrae en cada vertical, por lo tanto, en los tramos horizontales se podría haber reducido aún más la sección ya que hay tramos que extraen menos caudal. Se podría haber valorado el estudio variando los diámetros en función del caudal que se extrae en cada tramo, pero normalmente en el caso de una ventilación individual como la descrita se opta por dimensionar todos los tramos con una misma sección para su facilidad de montaje en obra.

También se podría haber optado por instalar conductos de sección circular en vez de rectangular, con esta opción se reducirían las pérdidas de carga como se verá más adelante. La decisión de qué tipo de sección utilizar suele definirla el espacio que tengamos en los patinillos por donde irán los conductos verticales.

Otra variante por la que se podría haber optado es la de instalar un sistema de ventilación colectivo, de esta manera se recogerían los caudales de varias viviendas en una sola vertical, dimensionada con un diámetro mayor que se calculara a continuación.

La manera de obtener los caudales de extracción e impulsión y con ello la sección de extracción mínima y su correspondiente dimensionamiento del conducto en un sistema colectivo, es la misma que la descrita anteriormente para un sistema individual. La única diferencia será que a lo largo del conducto vertical se sumaran los caudales que se recojan por cada vivienda que se conecte a dicho conducto.

Cálculo según CTE de la sección mínima de los conductos verticales colectivos:

<b>Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical</b>			
Nº lavaderos:	0		
Nº baños:	14		
Nº cocinas (m²):	7	(10.0 m2)	
Caudal por lavaderos:	0	8.33 l/s	0.00 l/s
Caudal por baños:	14	8.33 l/s	117 l/s
Caudal por cocinas:	7	16.67 l/s	116.67 l/s
Caudal total:		233.33 l/s	
Sección extracción según CTE: $S(\text{cm}^2) = 2,5 \times Q(\text{l/s}) \rightarrow$		S = 583 cm2	
Con esta sección calculada el diámetro exacto sería:			Ø273 mm
<b>Por lo que el mínimo diámetro recomendado por Jeremias es:</b>			<b>Ø300 mm</b>
<b>Cálculo según CTE de la sección mínima del conducto vertical</b>			
Nº lavaderos:	0		
Nº baños:	14		
Nº cocinas (m²):	7	(10.0 m2)	
Caudal por lavaderos:	0	8.33 l/s	0.00 l/s
Caudal por baños:	14	8.33 l/s	117 l/s
Caudal por cocinas:	7	15.47 l/s	108.29 l/s
Caudal total:		225.00 l/s	
Sección extracción según CTE: $S(\text{cm}^2) = 2,5 \times Q(\text{l/s}) \rightarrow$		S = 563 cm2	
Con esta sección calculada el diámetro exacto sería:			Ø268 mm
<b>Por lo que el mínimo diámetro recomendado por Jeremias es:</b>			<b>Ø300 mm</b>

Figura 14. Cálculo según CTE de la sección mínima de los conductos verticales colectivos.

Para entender cómo se han obtenido los caudales totales en los conductos verticales se presenta a continuación un esquema:

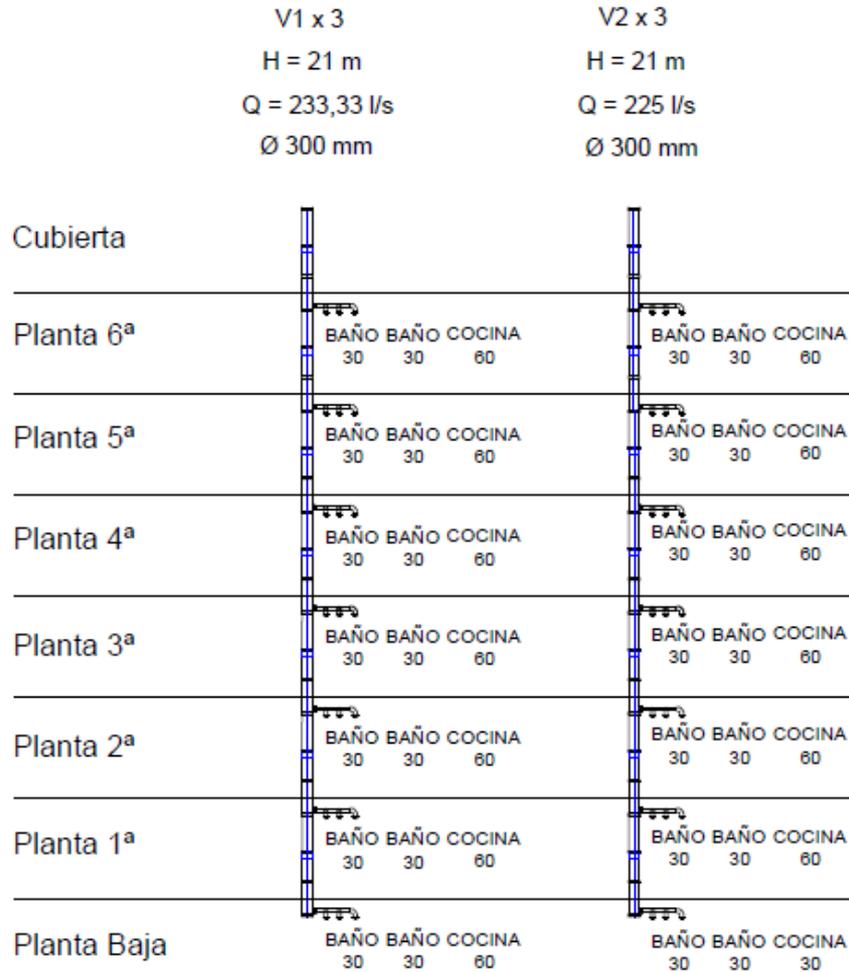


Figura 15. Esquema de los conductos verticales colectivos.

En el esquema se puede apreciar los caudales que recoge cada vertical colectiva. Los caudales que recoge cada vivienda se han obtenido de la misma manera que para el caso individual, es decir, mediante la tabla de la figura 14 teniendo en cuenta la tipología de la vivienda. Para obtener el caudal total simplemente se han sumado todos los caudales que recoge cada vertical.

En este caso los caudales obtenidos por tipologías de viviendas se han indicado en unidades de  $\text{m}^3/\text{h}$  y a la hora de calcular la sección se han introducido en  $1/\text{s}$ .

La única diferencia entre los dos tipos de verticales que se tienen es que la V2 extrae  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  menos que la V1, cosa que como se puede apreciar en los cálculos de las figuras 13 y 14 influye para que el dimensionamiento de las verticales sea de diámetros diferentes. Por lo tanto, todas las verticales colectivas irían con un diámetro de  $\text{Ø}300 \text{ mm}$ .

Para esta variante del ejemplo se ha optado por utilizar verticales colectivas de sección circular de  $\text{Ø}300 \text{ mm}$  en acero galvanizado.

Para los conductos horizontales se propone tubería helicoidal de chapa galvanizada que machihembre con la TE del conducto vertical. Para ello se propone un conducto de sección circular constante para todos los tramos horizontales que cumpla con el requisito del caudal mínimo a extraer para el caso más desfavorable. En este caso se necesitará un conducto con una sección capaz de extraer un caudal de  $120 \text{ m}^3/\text{h} = 33,33 1/\text{s}$ , es decir, se necesitará un tubo de una sección mayor o igual a:

$$S(\text{cm}^2) = 2,5 \times Q(1/\text{s}) = 2,5 \times 33,33 = 83,33 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se propone un diámetro de conducto horizontal de  $\text{Ø}125 \text{ mm}$  que cumple con los requisitos del CTE:

$$S(\text{mm}^2) = \pi \times r^2 = \pi \times 62,5^2 = 12271,85 \text{ mm}^2 > 8333 \text{ mm}^2.$$

Se observa como el diámetro propuesto cumple con creces con la sección de diámetro necesario que se debe instalar. Se opta por no hacer reducciones en la sección de los conductos para facilitar el montaje en obra, además se puede destacar que cuanto mayor sea el diámetro a instalar menores serán las pérdidas de carga que se puedan generar.

### **Cálculo de las pérdidas de carga en las situaciones más desfavorables**

A continuación, se procederá a calcular las pérdidas de carga en las situaciones más desfavorables para la elección de un recuperador de calor que consiga extraer e impulsar el aire con la presión adecuada. Para ello, deberemos seleccionar un recuperador de cuyo punto de funcionamiento sea óptimo para la instalación, es decir, elegiremos un recuperador cuya curva característica de relación caudal/presión este por encima de los requisitos que exija nuestra instalación. De esta manera, sabiendo que recuperador debemos instalar en la situación más desfavorable, sabremos que el recuperador elegido es válido para todas las demás situaciones del proyecto.

Las pérdidas de carga en el tramo más desfavorable, determinará la presión necesaria que el recuperador debe aportar a la instalación en relación del caudal de aire que se debe de extraer, es decir, el recuperador debe ser capaz de extraer el caudal necesario que requiera la instalación y además deberá proporcionar una presión que superen las pérdidas de carga.

Estas pérdidas de carga se verán afectadas fundamentalmente por las siguientes causas:

- Cuanto más largo sea el conducto a estudiar, mayores serán las pérdidas de carga.
- Cuantas más desviaciones haya, mayores serán las pérdidas de carga.
- Cuanta menor sección tenga el conducto, mayores serán las pérdidas de carga.
- A mayor caudal a extraer, mayores serán las pérdidas de carga.
- Habrá elementos adicionales como bocas de extracción, silenciadores, reducciones, ampliaciones... que aumentaran las pérdidas de carga.

A continuación, se procede a estudiar las pérdidas de carga en el tramo más desfavorable del ejemplo analizado, y se seleccionara un recuperador que se adecue con los requisitos de la instalación.

Se estudiará tanto el caso individual del proyecto como la variante colectiva propuesta y se comparan los resultados. En ambos casos se realizarán y se explicarán los cálculos obtenidos manualmente y mediante un software.

### Cálculos de las pérdidas de carga para el caso del sistema individual

En primer lugar, se analiza el tramo más desfavorable a instalar, de manera que el recuperador de calor a elegir sea válido para todos los casos.

La situación más desfavorable será la que mayor recorrido de conducto y mayores desviaciones tenga en la instalación, es decir, el recorrido desde la boca de extracción de aire viciado situada en la Planta Baja que este más alejada y con más desviaciones tenga hasta salir por cubierta.

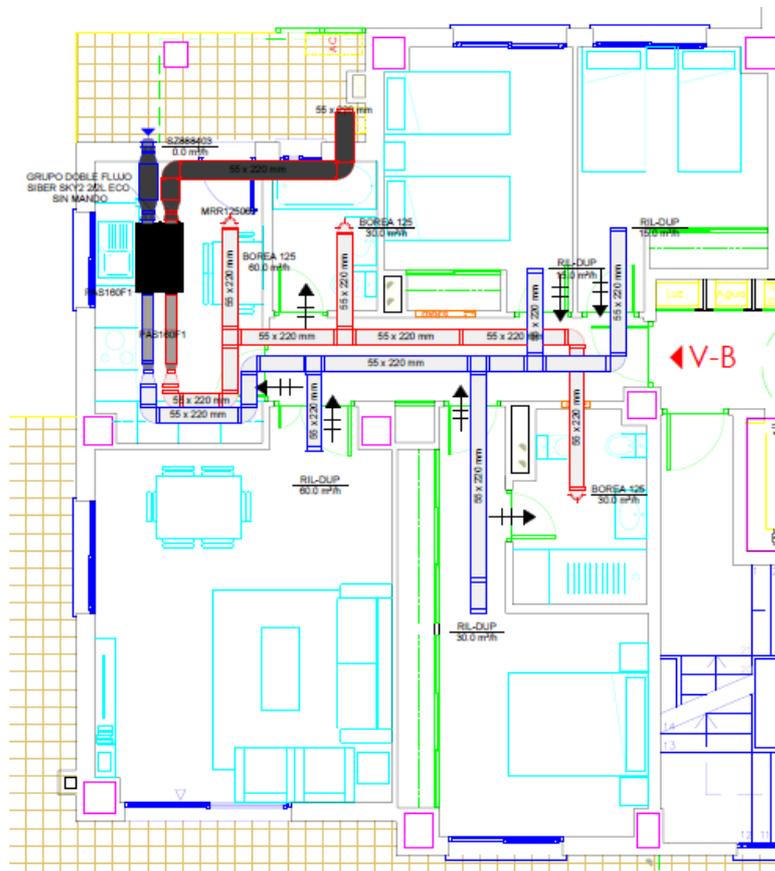


Figura 16. Esquema de los conductos horizontales.

A continuación se presenta un esquema plasmando esta situación:

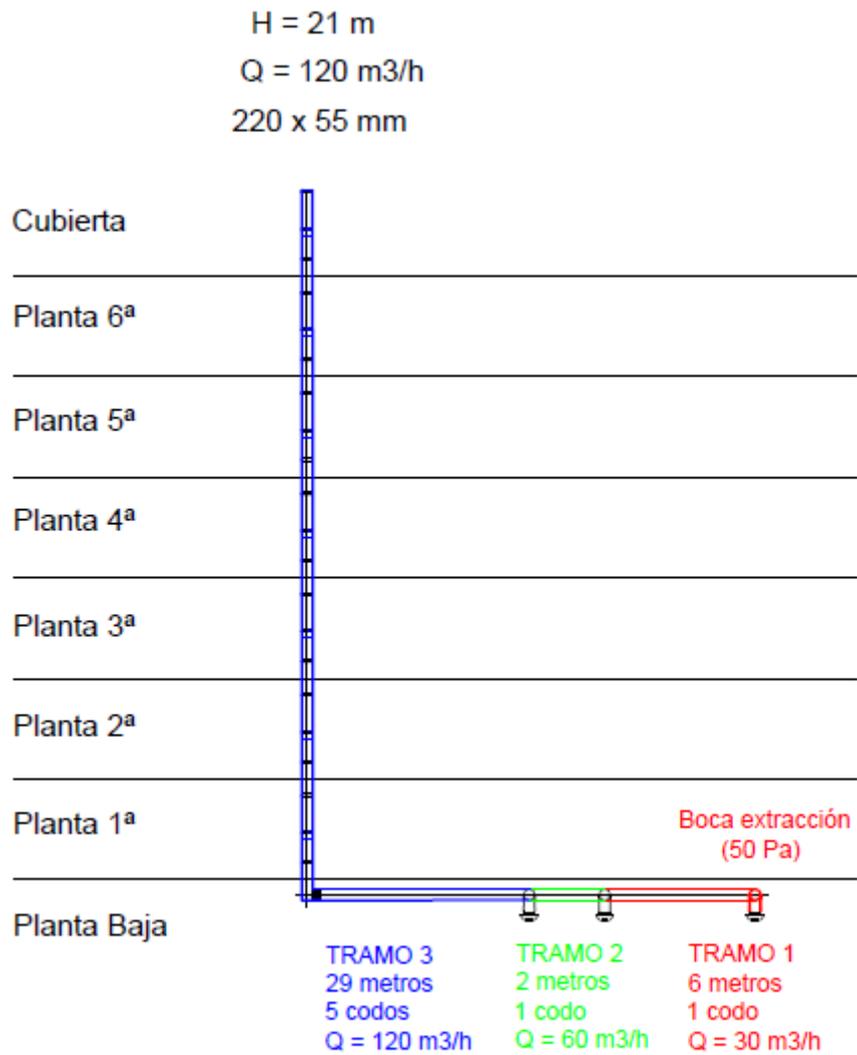


Figura 17. Esquema cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso individual.

Con los datos que figuran en el esquema se procede a realizar un cálculo aproximado de las pérdidas de carga en la situación más desfavorable de la instalación.

En la siguiente tabla se representan los diferentes valores de presión que causan las pérdidas de carga para la situación descrita:

TRAMO		1		2		3	
CAUDAL m <sup>3</sup> /h		30		60		120	
DIÁMETRO (mm)		125		125		125	
VELOCIDAD (m/s)		0.68		1.36		2.72	
PRESIÓN DINÁMICA (mmca)		0.0		0.1		0.5	
METROS	6	0.03	2	0.04	29	2.10	
CURVAS	1	0.01	1	0.03	5	0.68	
DP CONDUCTOS (mmca)		0.04		0.07		2.79	
DP SILENCIADOR (mmca)							
DP BOCA DE EXTRACCIÓN (mmca)		5					<b>TOTAL</b>
DP CONDUCTOS (mmca)		5.04		0.07		2.79	<b>7.89</b>

Tabla 4. Cálculo de pérdidas de carga en la situación más desfavorable para el caso individual.

A continuación se explica cómo se han obtenido dichos valores.

Los datos de partida en esta situación son el caudal y el diámetro del conducto.

Para facilitar los cálculos se ha optado por introducir un diámetro de sección circular aproximadamente equivalente al rectangular.

$$S(\varnothing 125 \text{ mm}) = \pi \times 62,5^2 = 12271,85 \text{ mm}^2$$

$$S(220 \times 55 \text{ mm}) = 12100 \text{ mm}^2$$

La sección que se está introduciendo para nuestros cálculos es un poco mayor que la sección real, por lo tanto estamos favoreciendo a que las pérdidas de carga obtenidas sean menores y en consecuencia dando un resultado que nos desfavorece a la hora de elegir un recuperador porque sabemos que las pérdidas de carga serán un poco mayores que las calculadas. De todos modos, seleccionaremos el recuperador teniendo en cuenta un margen de seguridad que salvguarde los pequeños errores que podamos realizar en nuestros cálculos aproximados.

La velocidad del aire se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$Q(\text{m}^3/\text{h}) = S(\text{m}^2) \times v(\text{m}/\text{s})$$

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$v = \frac{Q}{\pi \times (\frac{\varnothing}{2})^2}$$

Ejemplo tramo 3:

$$v = \frac{120 \times \frac{1}{3600}}{\pi \times (0.125/2)^2} = 2,72 \text{ m/s}$$

La presión dinámica se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$P_d = \frac{\rho \times v^2}{2 \times g}$$

Donde,

$$\rho = \text{densidad del aire} = 1,225 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$v = \text{velocidad del aire en m/s}$$

$$g = \text{gravedad} = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$$

Ejemplo tramo 3:

$$P_d = \frac{1,225 \times 2.72^2}{2 \times 9.81} = 0,462 \text{ mmca}$$

Las pérdidas de carga generadas por los metros de conducto de la instalación se obtienen mediante la siguiente formula:

$$P_{\text{metros conducto}}(\text{mmca}) = \frac{0,02 \times \text{metros conducto} \times P_d}{\varnothing (\text{m})}$$

Ejemplo tramo 3:

$$P_{\text{metros conducto}}(\text{mmca}) = \frac{0,02 \times 29 \times 0,462}{0,125} = 2,14 \text{ mmca}$$

Las pérdidas de carga generadas por las desviaciones en la instalación se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$P_{\text{desviaciones}}(\text{mmca}) = 0,3 \times \text{desviaciones} \times P_d$$

Ejemplo tramo 3:

$$P_{\text{desviaciones}}(\text{mmca}) = 0,3 \times 5 \times 0,462 = 0,693 \text{ mmca}$$

Se sabe que una boca de extracción proporciona una pérdida de carga adicional de 5 mmca.

Realizando los mismos cálculos para todos los tramos y sumándolos se obtienen las pérdidas de carga totales de la instalación:

$$P_{\text{total}} = 5,04 + 0,07 + 2,79 = 7,9 \text{ mmca} = 79 \text{ Pa}$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el software quickfan, para que los resultados sean lo más precisos posibles se han realizado los cálculos en 3 tramos diferentes como en el caso anterior.

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Circular  
 Material del conducto Chapa de hierro galvanizada  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 30  
 Diámetro D (mm) 125  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0123  
 Velocidad aire (m/s) 0.68



#### DISEÑO DEL CONDUCTO

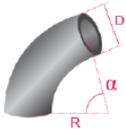
##### Tramos rectos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.05  
 Longitud del conducto (m) 6

##### Codos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.01

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	1	90	125	0.46	0.01



##### Pérdidas de carga adicionales del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 5

Núm.	Observación	Pérdidas de carga (mmca)
1		5

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 0.05 6m  $\varnothing$ 125mm  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 0.01 1 codo  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 5

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 30  
 Pérdidas de carga (mmca) 5.09

Figura 18. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 1.

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Circular  
 Material del conducto Chapa de hierro galvanizada  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 60  
 Diámetro D (mm) 125  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0123  
 Velocidad aire (m/s) 1.36



#### DISEÑO DEL CONDUCTO

**Tramos rectos del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 0.06  
 Longitud del conducto (m) 2

**Codos del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 0.05

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	1	90	125	0.46	0.05



**Pérdidas de carga adicionales del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 0  
 No hay pérdidas de carga adicionales en el conducto

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 0.06 2m  $\varnothing$ 125mm  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 0.05 1 codo  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 0

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 60  
 Pérdidas de carga (mmca) 0.22

Figura 19. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 2.

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Circular  
 Material del conducto Chapa de hierro galvanizada  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 120  
 Diámetro D (mm) 125  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0123  
 Velocidad aire (m/s) 2.72

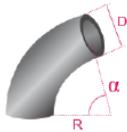


#### DISEÑO DEL CONDUCTO

**Tramos rectos del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 2.89  
 Longitud del conducto (m) 29

**Codos del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 1.04

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	5	90	125	0.46	1.04



**Pérdidas de carga adicionales del conducto**  
 Pérdidas de carga (mmca) 0  
 No hay pérdidas de carga adicionales en el conducto

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 2.89 29m  $\phi$ 125mm  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 1.04 5 codos  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 0

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 120  
 Pérdidas de carga (mmca) 4.38

Figura 20. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 3.

Sumando las pérdidas de carga obtenidas en los 3 tramos mediante el programa, nos da el siguiente resultado:

$$P_{\text{total}} = 5,09 + 0,22 + 4,38 = 9,69 \text{ mmca} = 96,9 \text{ Pa}$$

Como se puede observar en las capturas realizadas en el programa, los resultados son un poco mayores a los realizados mediante fórmulas. Esto puede que se deba a que el programa utiliza coeficientes más conservadores a la hora de realizar los cálculos. Por lo tanto, a la hora de elegir el recuperador de calor a instalar se recomienda utilizar los valores más conservadores, es decir, los resultados que vayan más por el lado de la seguridad.

También se han realizados cálculos para la sección rectangular 220 x 55 mm de PVC, aprovechando que el programa lo permite y de esta manera poder comparar resultados:

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Rectangular  
 Material del conducto Plástico  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 30  
 Dimensión A (mm) 220  
 Dimensión B (mm) 55  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0121  
 Velocidad aire (m/s) 0.69



#### DISEÑO DEL CONDUCTO

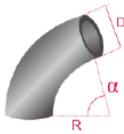
##### Tramos rectos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.08  
 Longitud del conducto (m) 6

##### Codos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.02

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	1	90	113.72	0.46	0.02



##### Pérdidas de carga adicionales del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 5

Núm.	Observación	Pérdidas de carga (mmca)
1		5

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 0.08 6m (220mm x 55mm)  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 0.02 1 codo  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 5

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 30  
 Pérdidas de carga (mmca) 5.14

Figura 21. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 1 para un conducto rectangular en PVC.

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Rectangular  
 Material del conducto Plástico  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 60  
 Dimensión A (mm) 220  
 Dimensión B (mm) 55  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0121  
 Velocidad aire (m/s) 1.38



#### DISEÑO DEL CONDUCTO

##### Tramos rectos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.08  
 Longitud del conducto (m) 2

##### Codos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0.08

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	1	90	113.72	0.46	0.08



##### Pérdidas de carga adicionales del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0  
 No hay pérdidas de carga adicionales en el conducto

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 0.08 2m (220mm x 55mm)  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 0.08 1 codo  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 0

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 60  
 Pérdidas de carga (mmca) 0.32

Figura 22. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 2 para un conducto rectangular en PVC.

## PÉRDIDAS DE CARGA

### PARÁMETROS

Densidad Aire (kg/m<sup>3</sup>) 1.20

#### DATOS DEL CONDUCTO

Tipo de conducto Rectangular  
 Material del conducto Plástico  
 Caudal (m<sup>3</sup>/h) 120  
 Dimensión A (mm) 220  
 Dimensión B (mm) 55  
 Sección (m<sup>2</sup>) 0.0121  
 Velocidad aire (m/s) 2.75



#### DISEÑO DEL CONDUCTO

##### Tramos rectos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 4.10  
 Longitud del conducto (m) 29

##### Codos del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 1.52

Núm.	Tipo	Número de codos	Ángulo de curvatura $\alpha$ (°)	Radio R (mm)	Factor pérdidas de carga	Pérdidas de carga (mmca)
1	Continuo	5	90	113.72	0.46	1.52



##### Pérdidas de carga adicionales del conducto

Pérdidas de carga (mmca) 0

No hay pérdidas de carga adicionales en el conducto

### RESULTADOS

#### Información General

Pérdidas de carga lineales (mmca) 4.10 29m (220mm x 55mm)  
 Pérdidas de carga por codos (mmca) 1.52 5 codos  
 Pérdidas de carga adicionales (mmca) 0

#### Caudal y Presión Calculados

Caudal (m<sup>3</sup>/h) 120  
 Pérdidas de carga (mmca) 6.28

Figura 23. Cálculo pérdidas de carga en el tramo 3 para un conducto rectangular en PVC.

Sumando las pérdidas de carga obtenidas en los 3 tramos mediante el programa, nos da el siguiente resultado:

$$P_{\text{total}} = 5,14 + 0,32 + 6,28 = 11,74 \text{ mmca} = 117,4 \text{ Pa}$$

Como se puede observar, los cálculos obtenidos introduciendo una sección rectangular en PVC suponen unas pérdidas de cargas mayores que las de un conducto de sección circular equivalente en acero galvanizado. Por lo tanto, para el ejemplo de estudio, se seleccionará un recuperador de calor cuyo punto de funcionamiento para un caudal de  $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ , proporcione una presión superior a las pérdidas de carga más

desfavorables calculadas, en este caso, se necesitará un recuperador que sea capaz de proporcionar una presión superior a 117,4 Pa.

Se opta por un recuperador de calor JRI-PRO cuyas características cumplen con los requisitos más desfavorables de la instalación y por lo tanto su funcionamiento será óptimo para la extracción e impulsión de aire de todas las viviendas:

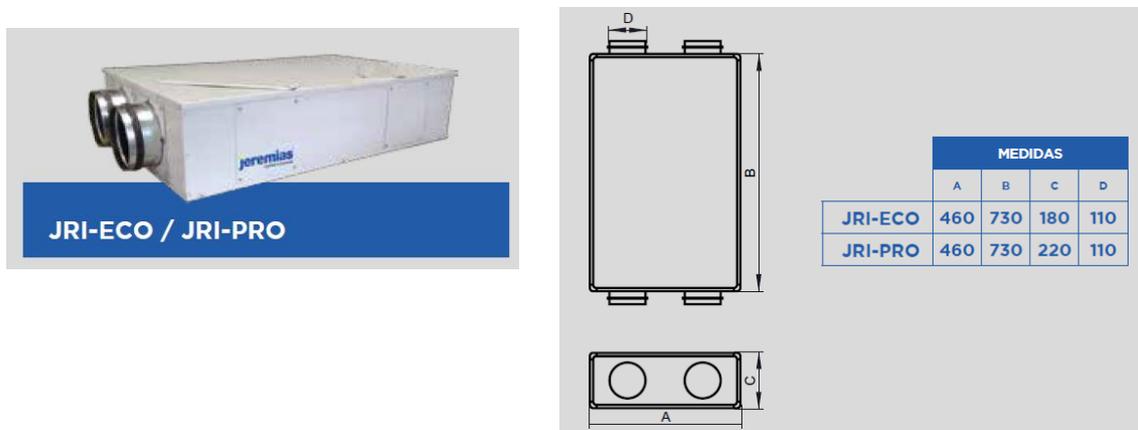


Figura 24. Recuperador de calor JRI-PRO.

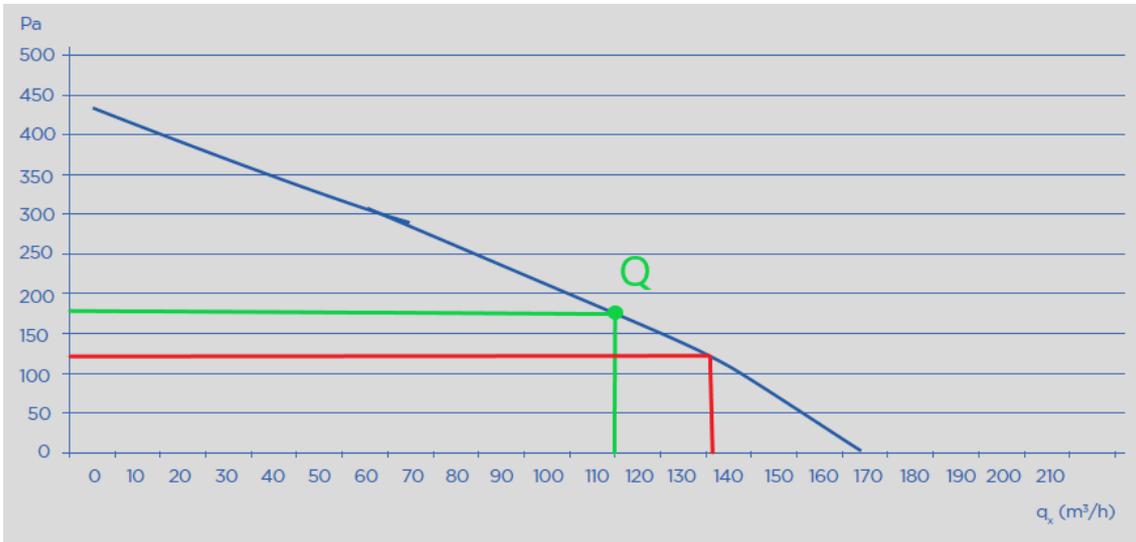


Figura 25. Curva característica del recuperador de calor JRI-PRO.

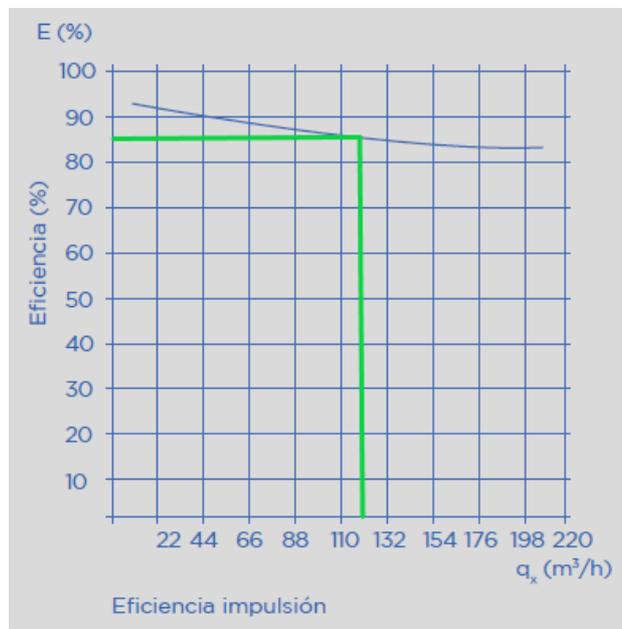


Figura 26. Curva de la eficiencia del recuperador de calor JRI-PRO.

	UNIDAD COMPLETA						VENTILADOR		Peso (kg)
	Ø Conexiones aire (mm)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h) a 180Pa	Eficiencia recuperador** (%)	Alimentación eléctrica	P.Abs. Máxima (W)	Intensidad máxima (A)	Velocidad máxima (r.p.m.)	
JRI-ECO/PRO	Ø 110	190	120	88,1	230V, 50HZ	54	2X0,27	3770	21

\* Eficiencia húmeda referida a caudal nominal, condiciones exteriores (-5°C 80% RH) e interiores (20°C/50%RH)

**Tabla 5. Características del recuperador de calor JRI-PRO.**

Como se puede observar en el gráfico de la curva característica del recuperador, se cumple con un margen holgado los requisitos en la situación más desfavorable de la instalación. Por lo tanto, el recuperador seleccionado es adecuado para toda la instalación, ya que será capaz de extraer e impulsar el caudal requerido con la presión necesaria.

Por otro lado, se muestra también un gráfico y una tabla sobre la eficiencia del recuperador, donde se observa que para un caudal nominal de  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $180 \text{ Pa}$ , la eficiencia del recuperador es de **88,1%**. Este dato también es de gran interés conocerlo ya que a mayor eficiencia del recuperador mejor será el aprovechamiento de las características del mismo.

También se muestran y se tienen en cuenta otro tipo de características como pueden ser las dimensiones y el peso del recuperador que pueden ser de interés a la hora de elegir el recuperador.

En conclusión, se realizará la instalación con los elementos que más se adecuen a los objetivos que se quieran conseguir siempre y cuando cumplan con la normativa establecida.

### **Cálculos de las pérdidas de carga para el caso del sistema colectivo**

A continuación se demostrara como los conductos colectivos al tener un diámetro mayor, suponen un menor problema de pérdidas de carga en la instalación.

A continuación se muestra mediante un esquema y el cálculo realizado mediante una hoja Excel que las pérdidas de carga obtenidas para el sistema colectivo son menores que para los del sistema individual.



Como se puede apreciar en los cálculos realizados en la hoja Excel, en los tramos donde el diámetro es  $\text{Ø}300$  mm las pérdidas de carga son insignificantes.

De este modo, a la hora de elegir un recuperador de caudal en un sistema colectivo, las pérdidas de carga no supondrán problema alguno, ya que el recorrido mas largo de la instalación vendrá definido por los tramos verticales que irán con un diámetro lo suficientemente grande como para que las pérdidas de carga sean despreciables.

Por esta razón, las fichas técnicas de los recuperadores de calor colectivos indican solamente graficas de relación eficiencia-caudal.

Para este ejemplo se propone instalar un recuperador de calor colectivo JRC-PRO (vertical) de las siguientes características:



Figura 28. Recuperador de calor JRC-PRO.

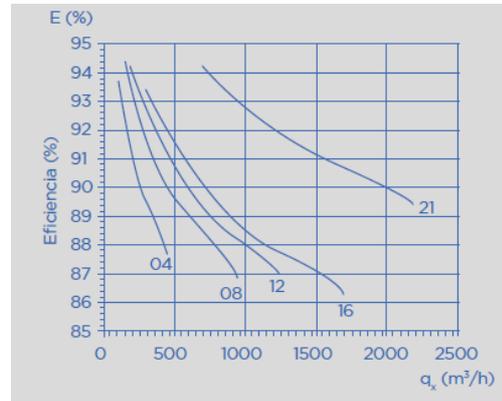
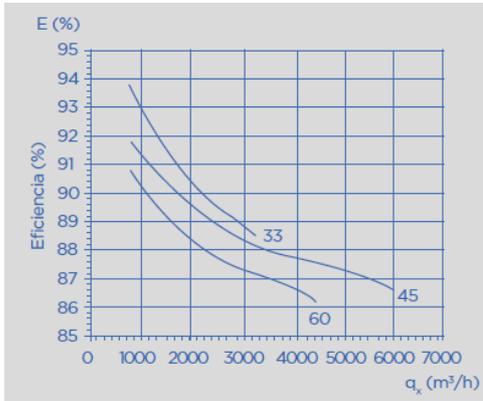


Figura 29. Curva de la eficiencia del recuperador de calor JRC-PRO.

	UNIDAD COMPLETA					VENTILADOR			Peso (kg)
	Ø Conexiones aire (mm)	Caudal nominal (m³/h)	Eficiencia recuperador* (%)	Alimentación eléctrica	P.Abs. Máxima (kW)	Intensidad máxima (A)	Velocidad máxima (r.p.m.)	Intensidad máxima (A) Cada ventilador	
JRC-ECO/PRO 04	200	450	87	1/230V, 50HZ	0,35	2,2	3700	1	147
JRC-ECO/PRO 08	250	800	86,4	1/230V, 50HZ	0,53	2,9	2650	1,3	183
JRC-ECO/PRO 12	315	1200	85,3	1/230V, 50HZ	1,1	3,5	2550	1,6	190
JRC-ECO/PRO 16	315	1600	85,5	1/230V, 50HZ	1,1	4,3	2845	2	235
JRC-ECO/PRO 21	400	2100	86,7	1/230V, 50HZ	1,13	4,7	1580	2,2	333
JRC-ECO/PRO 33	400	3300	89,9	3+N/400V, 50HZ	2,32	4,3	2600	2	420
JRC-ECO/PRO 45	400X600	4500	86,3	3+N/400V, 50HZ	4,43	6,3	2200	3	597
JRC-ECO/PRO 60	600X700	6100	86,7	3+N/400V, 50HZ	4,43	6,3	2200	3	730

\* Eficiencia húmeda referida a caudal nominal, condiciones exteriores (-5°C 80% RH) e interiores (20°C/50%RH)

Tabla 7. Características del recuperador de calor JRC-PRO.

En este caso, se seleccionará un recuperador que sea capaz de suministrar un caudal de  $Q = 840 \text{ m}^3/\text{h}$  y se elegirá la eficiencia con la que se quiera trabajar en función de la relación calidad-precio que se quiera obtener.

### **Cálculos chimeneas colectivas para calderas**

A modo de ejemplo, se calcularán los diámetros de las chimeneas colectivas a instalar para el ejemplo del caso anterior, suponiendo que se tiene espacio suficiente en los patinillos.

Para realizar el cálculo, se necesita conocer el tipo de caldera o calentador que ira instalado en las chimeneas. Para el siguiente ejemplo, se supondrá una caldera de condensación con una potencia de 24 Kw.

Conocidos estos datos, podemos determinar el diámetro y el material necesario que debemos utilizar para la chimenea.

El material necesario para el conducto de salida de humos de la chimenea vendrá indicado en la normativa.

Como se tienen que conectar 7 caldearas en cada chimenea, se debe disponer de una chimenea equilibrada (concéntrica) tal y como indica la normativa. Por lo tanto, se utilizara un sistema concéntrico SED (316-galva), donde el conducto interior de la chimenea por donde se evacuan los humos ira en Acero AISI 316 y el conducto exterior en acero galvanizado. Entre el conducto interior y exterior de la chimenea es por donde entrara aire para el funcionamiento de la caldera.

La obtención del diámetro interior y exterior de la chimenea se realiza en primer lugar obteniendo la potencia total que suministran las calderas:

$$\sum \text{Potencia} = 7 \times 24 = 168 \text{ Kw}$$

Conociendo la potencia total y suponiendo que para este caso la caldera trabaja en depresión con 1 metro + 1 codo de conducto horizontal hasta la caldera. Se selecciona el diámetro en la siguiente tabla:

DIMENSIONAMIENTO EN DEPRESIÓN (1 metro + 1 codo 87°)						
	SEE		SED		SVC	
ΣPotencias:	ESTANCA	CONDENS.	ESTANCA	CONDENS.	ESTANCA	CONDENS.
0-48	130/180	130/180	130/200	130/200	130	130
49-60	150/200	150/200	130/200	150/230	150	150
61-72	150/200	150/200	150/230	150/230	150	150
73-96	150/200	180/230	150/230	180/280	150	180
97-112	180/230	200/250	180/280	180/280	180	200
113-120	180/230	200/250	180/280	180/280	180	200
121-150	200/250	250/300	200/300	200/300	200	250
151-175	200/250	250/300	200/300	250/400	200	250
176-210	250/300	250/300	250/400	250/400	250	250
210-240	250/300	300/350	250/400	250/400	250	300
241-280	250/300	300/350	250/400	300/450	250	300
281-300	250/300	300/350	250/400	300/450	250	300
301-350	300/350	350/400	300/450	300/450	300	350

**Tabla 8. Selección de diámetro necesario para dimensionamiento en depresión.**

Como se puede obtener de la tabla, el diámetro necesario a instalar es de Ø250/400.

A continuación se muestran una captura del software easy calc de Jeremias que visualiza este resultado de una manera más completa:

**DATOS DE CALDERA**

Funcionamiento: Tiro natural  
Condensación  
Modulante

Tipo de caldera: Estanca

Potencia (kW):	Potencia nominal: 24	Potencia mínima: 8
Temperatura de humos (°C):	60	40
Rendimiento (%):	98	106
% CO2:	10	10
Tiro mínimo (Pa):	50	50

**INSTALACIÓN**

Sistema: Concéntrica

Montaje: Interior

Nº de pisos: 7

Nº de calderas por piso: 1

**DATOS CONDUCTO HUMOS/AIRE**

**CONDUCTO DE UNIÓN**

Sistema: TWIN-PL

Diametro (mm): 80/125

l: Longitud total (m): 1

h: Altura (m): 0,3

Elementos: Codo 87 1

**CHIMENEA**

Sistema: SED2 316/GALVA

Dist. Entre pisos (m): 3

Dist. al remate (m): 3

Conexión al conducto de unión: Te 87°

**RESULTADO**

Diametro (mm): 250/400



Figura 30. Cálculo de diámetro necesario mediante el software Easy Calc.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

***DOCUMENTO 3: ASPECTOS ECONÓMICOS***

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

## ASPECTOS ECONÓMICOS

### Descripción del presupuesto ejecutado

A continuación se mostraran los presupuestos para los casos que se han estudiado.

En primer lugar, se analiza el presupuesto aproximado que se obtiene mediante la medición en planos para la ventilación mecánica de viviendas en sistema individual:

VENTILACIÓN MECÁNICA DE VIVIENDAS (VMC)				
Código	Descripción	Unidades	€/unidad	Precio Neto
OF-00031-20_01	<b>Recuperadores individuales de bajo perfil JRI-PRO</b>	42 uds.	1,050.00 €	44,100.00 €
OF-00031-20_02	<b>Bocas de extracción e impulsión autorregulables con manguito de pladur de Ø125. Incluye reguladores de caudal</b> 291 Bocas de extraccion e impulsión 165 Reguladores de caudal para las bocas de implusión	456 uds.	9.31 €	4,245.75 €
OF-00031-20_30	<b>Conductos verticales rectangulares en PVC 147 x 70 mm</b> 1213.0 ml	1 uds.	8,579.16 €	8,579.16 €
OF-00031-20_31	<b>Conexiones horizontales de ventilación de viviendas en conducto PVC y conducto flexible JF-PVC Ø127 (unión conducto boca) para dentro de vivienda.</b> 753.0 ml	1 uds.	7,487.67 €	7,487.67 €
OF-00031-20_M1	<b>Montaje de horizontales y verticales incluido bocas, silenciadores y extractores</b>	1 uds.	29,079.0 €	29,079.00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO Neto (impuestos no incluidos):</b>				<b>93,491.58 €</b>

Figura 31. Presupuesto VMC en sistema individual.

También se muestra el despiece teórico que se ha utilizado para realizar el presupuesto:

Bocas de extracción e impulsión			Precio NETO
Descripción	Unidades	Precio ud.	
Boca de extracción autorregulable JE 60 con manguito de pladur de Ø125	39 uds.	8.75 €	341.25 €
Boca de extracción autorregulable JE 30 con manguito de pladur de Ø125	87 uds.	8.75 €	761.25 €
Boca de impulsión BDOP-125 con manguito de pladur de Ø125	165 uds.	9.60 €	1,584.00 €
Regulador de caudal RDR 125/15	42 uds.	9.45 €	396.90 €
Regulador de caudal RDR 125/30	81 uds.	9.45 €	765.45 €
Regulador de caudal RDR 125/45	42 uds.	9.45 €	396.90 €
Total por bocas:			9.31 €
Nº Bocas + Reguladores de caudal			456
<b>TOTAL:</b>			<b>4,245.75 €</b>
Conductos verticales en PVC 220 x 55 mm			Precio NETO
Descripción	Cajas	Precio ud.	
Tubo rectangular 220 x 55 x 1500 mm 12 unidades / caja (18m)	67 uds.	64.22 €	4,327.71 €
Empalme rectangular (30 uds/caja)	21 uds.	28.04 €	588.84 €
Codo 90º rectangular vertical 220x55 mm (30 unidades / caja )	60 uds.	52.92 €	3,175.20 €
Abrazadera rectangular plana 220 x 55 (30 unidades/caja)	21 uds.	23.21 €	487.41 €
Total por chimenea:			8,579.16 €
Nº chimeneas			1
<b>TOTAL:</b>			<b>8,579.16 €</b>
Conexiones horizontales en PVC 220 x 55 mm			Precio NETO
Descripción	Cajas	Precio ud.	
Tubo rectangular 220 x 55 x 1500 mm 12 unidades / caja (18m)	42 uds.	64.22 €	2,686.54 €
Empalme rectangular (30 uds/caja)	14 uds.	28.04 €	392.56 €
Codo 90º rectangular horizontal 220 x 55 (30 unidades/caja)	10 uds.	57.75 €	577.50 €
TE tres bocas rectangular 220 x 55 (50 uds/caja)	5 uds.	350.35 €	1,751.75 €
Abrazadera rectangular plana 220 x 55 (30 unidades/caja)	14 uds.	23.21 €	324.94 €
Conducto flexible clase B de PVC JF-PVC Ø127 (10ml.)	69 uds.	12.95 €	891.61 €
Total por chimenea:			7,487.67 €
Nº chimeneas			1
<b>TOTAL:</b>			<b>7,487.67 €</b>

Tabla 9. Despiece teórico para VMC en sistema individual.

En segundo lugar, se analiza el presupuesto aproximado que se obtiene mediante la medición en planos para la ventilación mecánica de viviendas en sistema colectivo:

#### VENTILACIÓN MECÁNICA DE VIVIENDAS (VMC)

Código	Descripción	Unidades	€/unidad	Precio Neto
OF-00031-20_01	<b>Recuperadores colectivos JRC-PRO (vertical)</b>	6 uds.	3,500.00 €	21,000.00 €
OF-00031-20_02	<b>Bocas de extracción e impulsión autorregulables con manguito de pladur de Ø125. Incluye reguladores de caudal</b> 291 Bocas de extracción e impulsión 165 Reguladores de caudal para las bocas de impulsión	456 uds.	9.31 €	4,245.75 €
OF-00031-20_03	<b>Conducto colectivo para ventilación de viviendas sistema SVC3 (galva) Ø300, para montantes que recogen 14 baños y 7 cocinas, con una altura de 21 m</b> Ø300 mm 126.0 ml	6 uds.	360.77 €	2,164.62 €
OF-00031-20_4	<b>Conexiones horizontales de ventilación de viviendas en conducto PVC y conducto flexible JF-PVC Ø127 (unión conducto boca) para dentro de vivienda.</b>  753.0 ml	1 uds.	7,648.19 €	7,648.19 €
OF-00031-20_M1	<b>Montaje de horizontales y verticales incluido bocas, silenciadores y extractores</b>	1 uds.	14,705.6 €	14,705.55 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO Neto (impuestos no incluidos):</b>				<b>49,764.11 €</b>

Figura 32. Presupuesto VMC en sistema colectivo.

Bocas de extracción e impulsión			Precio NETO
Descripción	Unidades	Precio ud.	
Boca de extracción autorregulable JE 60 con manguito de pladur de Ø125	39 uds.	8.75 €	341.25 €
Boca de extracción autorregulable JE 30 con manguito de pladur de Ø125	87 uds.	8.75 €	761.25 €
Boca de impulsión BDOP-125 con manguito de pladur de Ø125	165 uds.	9.60 €	1,584.00 €
Regulador de caudal RDR 125/15	42 uds.	9.45 €	396.90 €
Regulador de caudal RDR 125/30	81 uds.	9.45 €	765.45 €
Regulador de caudal RDR 125/45	42 uds.	9.45 €	396.90 €
Total por bocas:			9.31 €
Nº Bocas + Reguladores de caudal			456
<b>TOTAL:</b>			<b>4,245.75 €</b>

Conductos verticales en colectivo			Precio NETO
Descripción	Unidades	Precio ud.	
TE 90° conexión Ø130mm	7 uds.	12.68 €	88.76 €
Modulo recto regulable 1.340-2.440mm	7 uds.	26.08 €	182.56 €
Módulo recto 1000mm	0 uds.	8.69 €	- €
Tapa inferior con desagüe	1 uds.	18.47 €	18.47 €
Abrazadera forjado isofónica galvanizado	7 uds.	10.14 €	70.98 €
Total por chimenea:			360.77 €
Nº chimeneas			6
<b>TOTAL:</b>			<b>2,164.62 €</b>

Conexiones horizontales en PVC 220 x 55 mm			Precio NETO
Descripción	Cajas	Precio ud.	
Tubo rectangular 220 x 55 x 1500 mm 12 unidades / caja (18m)	42 uds.	64.22 €	2,686.54 €
Empalme rectangular (30 uds/caja)	14 uds.	28.04 €	392.56 €
Codo 90° rectangular horizontal 220 x 55 (30 unidades/caja)	10 uds.	57.75 €	577.50 €
TE tres bocas rectangular 220 x 55 (50 uds/caja)	5 uds.	350.35 €	1,751.75 €
Abrazadera rectangular plana 220 x 55 (30 unidades/caja)	14 uds.	23.21 €	324.94 €
Empalme mixto Ø120 a 220 x 55 (30 uds/caja)	17 uds.	56.39 €	941.71 €
Conducto flexible clase B de PVC JF-PVC Ø127 (10ml.)	75 uds.	12.95 €	973.19 €
Total por chimenea:			7,648.19 €
Nº chimeneas			1
<b>TOTAL:</b>			<b>7,648.19 €</b>

Tabla 10. Despiece teórico de VMC en sistema colectivo.

En tercer lugar, se analiza el presupuesto y el despiece teórico aproximado para el suministro de material de las chimeneas para calderas en sistema colectivo:

### CHIMENEA PARA CALDERAS

Código	Descripción	Unidades	€/unidad	Precio Neto
OF-00031-20_41	<b>Chimenea modular metálica colectiva sistema SED2 (316-galva), Ø250/400 mm, para dar servicio a 7 calderas, con una altura de 21 m</b>  7 conexiones simples 250/400 Altura 21 m	6 uds.	2,030.26 €	12,181.56 €
OF-00031-20_42	<b>Chimenea modular metálica colectiva sistema Twin-pl, Ø80/125 mm, para dar servicio a 1 calderas, con una altura de 1 m</b>  1 conexiones simples 80/125 Altura 1 m	42 uds.	40.99 €	1,721.58 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO Neto (impuestos no incluidos):</b>				<b>17,580.83 €</b>

Figura 33. Presupuesto de chimeneas para calderas en sistema colectivo.

Sistema: SED2 (316-galva)		250/400		Precio NETO
Código	Descripción	Unidades	Precio ud.	
AM1-SED25930250	Te 87º conexión a 80 / 125	7	85.33 €	597.31 €
680-SED220500250	Colector de hollín con doble desagüe	1	55.14 €	55.14 €
AM1-SED220420250	Módulo recto regulable (930-1420 mm)	6	108.05 €	648.30 €
AM1-SED2130250	Módulo recto 1000 mm	7	57.75 €	404.25 €
AM1-SED2130250	Módulo recto 1000 mm	1	57.75 €	57.75 €
680-SED29760250	Terminal SED Inox	1	194.50 €	194.50 €
SED62DB0250	Abrazadera forjado isofónica galvanizada	7	10.43 €	73.01 €
Total por chimenea:				2,030.26 €
Nº chimeneas				6
<b>TOTAL:</b>				<b>12,181.56 €</b>
Sistema: Twin-pl		80/125		Precio NETO
Código	Descripción	Unidades	Precio ud.	
TWPL64080/125	Codo 87º	1	20.87 €	20.87 €
TWPL13080/125	Módulo recto 1000 mm	1	20.12 €	20.12 €
Total por chimenea:				40.99 €
Nº chimeneas				42
<b>TOTAL:</b>				<b>1,721.58 €</b>

Tabla 11. Despiece teórico de chimeneas para calderas en sistema colectivo.

## Análisis de rentabilidad

Haciendo un análisis de las diferentes opciones propuestas en el estudio realizado, se puede observar que, para un mismo estudio, el sistema colectivo es más rentable económicamente que el sistema individual. Esto se debe a que mediante el sistema colectivo se ahorra una gran cantidad de material y equipos a instalar. Por otro lado, que el sistema utilizado sea más rentable económicamente no tiene por qué ser el más adecuado. Hay otros factores a tener en cuenta para realizar un estudio adecuadamente:

- El espacio que se dispone para realizar la instalación. Por ejemplo, puede que nos encontremos con patinillos por donde no se puede realizar el estudio mediante un sistema colectivo y se tiene que optar por un sistema individual.
- El ruido también es un factor determinante a la hora de valorar el estudio. Los ventiladores y recuperadores a instalar en un sistema colectivo, al ser más potentes también hacen más ruido y esto puede ser un problema si no se dispone de una adecuada insonorización.
- Los ventiladores y recuperadores de calor a instalar en un sistema individual tienden a tener una vida útil más larga, ya que trabajan para una sola vivienda.
- En caso de avería de un equipo, el sistema colectivo dejaría más viviendas sin ventilación que en un caso individual.

Estos factores se pueden extrapolar para el caso de chimeneas para calderas y la extracción de campanas de cocina.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

***DOCUMENTO 4: CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA***

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente en el análisis de rentabilidad, se llega a la conclusión de que un estudio más rentable económicamente no tiene por qué ser el más adecuado para un estudio de cualquier proyecto. Hay que tener en cuenta y hacer un análisis exhaustivo de todos los factores que impliquen la mejor solución en beneficio del proyecto a ejecutar.

En resumen, en este trabajo se han estudiado los diferentes sistemas de ventilación mecánica controlada y los diferentes factores a tener en cuenta para realizar una valoración adecuada de las chimeneas para calderas a instalar en viviendas. También se han analizado los diferentes cálculos a realizar que verifiquen el correcto funcionamiento de las instalaciones.

El análisis se ha completado haciendo un estudio de un edificio donde se han valorado diferentes alternativas para el entendimiento del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gobierno de España. (2015). *CTE Código técnico de la Edificación*. Obtenido de <http://www.codigotecnico.org>
2. Jeremias Chimney Systems. (2019). Catálogo Sistema de ventilación eficiente.
3. Jeremias Chimney Systems. (s.f.). *Chimeneas modulares metálicas y conductos de ventilación*. Obtenido de <http://www.jeremias.org>
4. Siber Zone S.L.U. (s.f.). *Siber Ventilación Inteligente, Fabricante de Sistemas de Ventilación con Alta Eficiencia Energética*. Obtenido de <http://www.siberzone.es>
5. Soler Palau. (s.f.). *S&P - Ventilation Systems*. Obtenido de <http://www.solerpalau.com>

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***ANÁLISIS DE LA VENTILACIÓN  
MECÁNICA CONTROLADA Y  
CHIMENEAS COLECTIVAS PARA  
VIVIENDAS***

*DOCUMENTO 6: ANEXOS*

**Alumno:** Criado Oguiza, Aritz

**Director:** Sarrionandia-Ibarra Fernández, Aitor

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 10 de Febrero de 2020

# ANEXO I: Pliego de condiciones. Normativa aplicable.

## Plan de pruebas

### Sección HS 3

#### Calidad del aire interior

## 1 Generalidades

### 1.1 Ámbito de aplicación

- 1 Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.
- 2 Para *locales* de cualquier otro tipo se considera que se cumplen las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el RITE.

### 1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación.
- 2 Cumplimiento de las condiciones establecidas en el apartado 2.
- 3 Cumplimiento de las condiciones de diseño del sistema de ventilación del apartado 3:
  - a) para cada tipo de *local*, el tipo de ventilación y las condiciones relativas a los medios de ventilación, ya sea natural, mecánica o híbrida;
  - b) las condiciones relativas a los elementos constructivos siguientes:
    - i) aberturas y bocas de ventilación;
    - ii) *conductos de admisión*;
    - iii) *conductos de extracción para ventilación híbrida*;
    - iv) *conductos de extracción para ventilación mecánica*;
    - v) *aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores*;
    - vi) ventanas y puertas exteriores.
- 4 Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 4 relativas a los elementos constructivos.
- 5 Cumplimiento de las condiciones de los productos de construcción del apartado 5.
- 6 Cumplimiento de las condiciones de construcción del apartado 6.
- 7 Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación del apartado 7.

## 2 Caracterización y cuantificación de la exigencia

- 1 En los *locales habitables* de las viviendas debe aportarse un caudal de aire exterior suficiente para conseguir que en cada *local* la concentración media anual de CO<sub>2</sub> sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO<sub>2</sub> que exceda 1.600 ppm sea menor que 500.000 ppm·h, en ambos casos con las condiciones de diseño del apéndice C.

- 2 Además, el caudal de aire exterior aportado debe ser suficiente para eliminar los contaminantes no directamente relacionados con la presencia humana. Esta condición se considera satisfecha con el establecimiento de un caudal mínimo de 1,5 l/s por *local habitable* en los periodos de no ocupación.
- 3 Las dos condiciones anteriores se consideran satisfechas con el establecimiento de una *ventilación de caudal constante* acorde con la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables**

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

- 4 En la zona de cocción de las cocinas debe disponerse un sistema que permita extraer los *contaminantes* que se producen durante su uso, de forma independiente a la *ventilación* general de los *locales habitables*. Esta condición se considera satisfecha si se dispone de un sistema en la zona de cocción que permita *extraer* un caudal mínimo de 50 l/s.
- 5 Para los *locales* no habitables incluidos en el ámbito de aplicación debe aportarse al menos el caudal de aire exterior suficiente para eliminar los *contaminantes* propios del uso de cada *local*. En el caso de trasteros, sus zonas comunes y almacenes de residuos los *contaminantes* principales son la humedad, los olores y los compuestos orgánicos volátiles. En el caso de los aparcamientos y garajes son el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.
- 6 Esta condición se considera satisfecha si el sistema de *ventilación* es capaz de establecer al menos los *caudales de ventilación* de la tabla 2.2., ya sea mediante *ventilación de caudal constante* o *ventilación de caudal variable* controlada mediante detectores de presencia, detectores de *contaminantes*, programación temporal u otro tipo de sistema.

**Tabla 2.2 Caudales de ventilación mínimos en locales no habitables**

Locales	Caudal mínimo $q_v$ en l/s	
	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Trasteros y sus zonas comunes	0,7	
Aparcamientos y garajes		120 por plaza
Almacenes de residuos	10	

### 3 Diseño

#### 3.1 Condiciones generales de los sistemas de ventilación

##### 3.1.1 Viviendas

- 1 Las viviendas deben disponer de un sistema general de *ventilación* que puede ser *híbrida* o *mecánica* con las siguientes características (véanse los ejemplos de la figura 3.1):
  - a) el aire debe circular desde los *locales* secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de *aberturas de admisión*; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de *aberturas de extracción*; las particiones situadas entre los locales con *admisión* y los locales con *extracción* deben disponer de *aberturas de paso*;
  - b) los *locales* con varios usos de los del punto anterior, deben disponer en cada zona destinada a un uso diferente de las aberturas correspondientes;
  - c) como *aberturas de admisión*, se dispondrán aberturas dotadas de *aireadores* o *aperturas fijas* de la carpintería, como son los *dispositivos de microventilación* con una permeabilidad al aire según UNE EN 12207:~~2000~~2017 en la posición de apertura de clase 1 o superior; no obstante, cuando las carpinterías exteriores sean de clase 1 de permeabilidad al aire según UNE EN 12207:~~2000~~2017 pueden considerarse como *aberturas de admisión* las *juntas de apertura*;
  - d) cuando la *ventilación* sea *híbrida* las *aberturas de admisión* deben comunicar directamente con el exterior;
  - e) los *aireadores* deben disponerse a una distancia del suelo mayor que 1,80 m;
  - f) cuando algún *local* con *extracción* esté compartimentado, deben disponerse *aberturas de paso* entre los compartimentos; la *abertura de extracción* debe disponerse en el compartimento más contaminado que, en el caso de aseos y cuartos de baños, es aquel en el que está situado el inodoro, y en el caso de cocinas es aquel en el que está situada la zona de cocción; la *abertura de paso* que conecta con el resto de la vivienda debe estar situada en el local menos contaminado;
  - g) las *aberturas de extracción* deben conectarse a *conductos de extracción* y deben disponerse a una distancia del techo menor que 200 mm y a una distancia de cualquier rincón o esquina vertical mayor que 100 mm;
  - h) un mismo *conducto de extracción* puede ser compartido por aseos, baños, cocinas y trasteros.

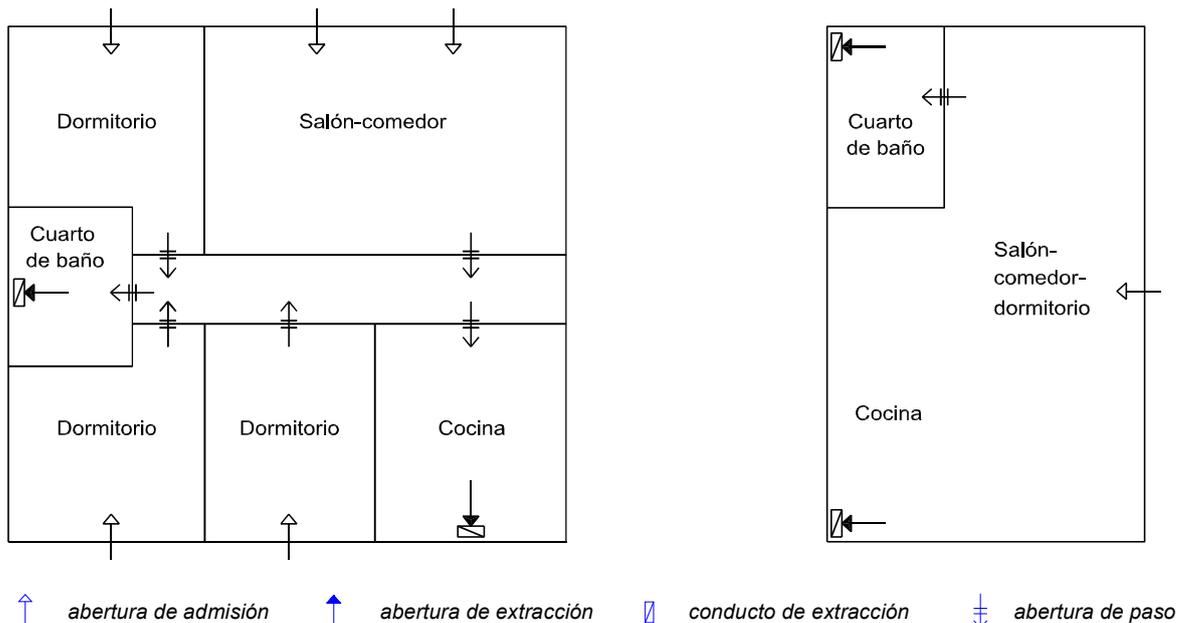


Figura 3.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas

- 2 Las cocinas, comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de un sistema complementario de ventilación natural. Para ello debe disponerse una ventana exterior practicable o una puerta exterior.
- 3 Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con *extracción* mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un *extractor* conectado a un *conducto de extracción* independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la *extracción* de aire de *locales* de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios *extractores*, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sólo cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema antirrevoco.

### 3.1.2 Almacenes de residuos

- 1 En los almacenes de residuos debe disponerse un sistema de *ventilación* que puede ser *natural*, *híbrida* o *mecánica*.

#### 3.1.2.1 Medios de ventilación natural

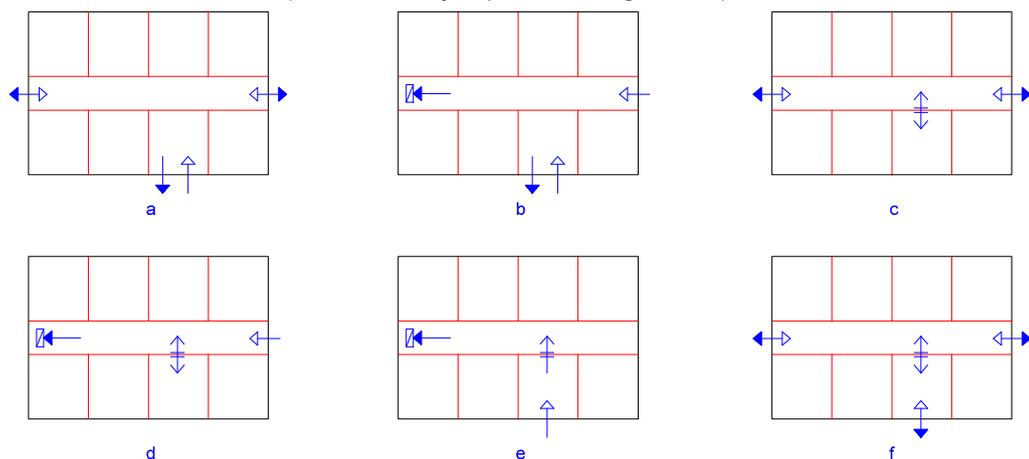
- 1 Cuando el almacén se ventile a través de *aberturas mixtas*, éstas deben disponerse al menos en dos partes opuestas del cerramiento, de tal forma que ningún punto de la zona diste más de 15 m de la abertura más próxima.
- 2 Cuando los almacenes se ventilen a través de *aberturas de admisión y extracción*, éstas deben comunicar directamente con el exterior y la separación vertical entre ellas debe ser como mínimo 1,5 m.

#### 3.1.2.2 Medios de ventilación híbrida y mecánica

- 1 Para *ventilación híbrida*, las *aberturas de admisión* deben comunicar directamente con el exterior.
- 2 Cuando el almacén esté compartimentado, la *abertura de extracción* debe disponerse en el compartimento más contaminado, la de *admisión* en el otro u otros y deben disponerse *aberturas de paso* entre los compartimentos.
- 3 Las *aberturas de extracción* deben conectarse a *conductos de extracción*.
- 4 Los *conductos de extracción* no pueden compartirse con *locales* de otro uso.

### 3.1.3 Trasteros

- 1 En los trasteros y en sus zonas comunes debe disponerse un sistema de *ventilación* que puede ser *natural*, *híbrida* o *mecánica* (véanse los ejemplos de la figura 3.2).



- a) Ventilación independiente y natural de trasteros y zonas comunes.
- b) Ventilación independiente de trasteros y zonas comunes. Ventilación natural en trasteros e híbrida o mecánica en zonas comunes.
- c) Ventilación dependiente y natural de trasteros y zonas comunes.
- d) Ventilación dependiente de trasteros y zonas comunes. Ventilación natural en trasteros y híbrida o mecánica en zonas comunes.

- e) Ventilación dependiente e híbrida o mecánica de trasteros y zonas comunes.
- f) Ventilación dependiente y natural de trasteros y zonas comunes.



Figura 3.2 Ejemplos de tipos de ventilación en trasteros

### 3.1.3.1 Medios de ventilación natural

- 1 Deben disponerse *aberturas mixtas* en la zona común al menos en dos partes opuestas del cerramiento, de tal forma que ningún punto de la zona diste más de 15 m de la abertura más próxima.
- 2 Cuando los trasteros se ventilen a través de la zona común, la partición situada entre cada trastero y esta zona debe disponer al menos de dos *aberturas de paso* separadas verticalmente 1,5 m como mínimo.
- 3 Cuando los trasteros se ventilen independientemente de la zona común a través de sus *aberturas de admisión y extracción*, estas deben comunicar directamente con el exterior y la separación vertical entre ellas debe ser como mínimo 1,5 m.

### 3.1.3.2 Medios de ventilación híbrida y mecánica

- 1 Cuando los trasteros se ventilen a través de la zona común, la *extracción* debe situarse en la zona común. Las particiones situadas entre esta zona y los trasteros deben disponer de *aberturas de paso*.
- 2 Las *aberturas de admisión* de los trasteros deben comunicar directamente con el exterior y las *aberturas de extracción* deben estar conectadas a un *conducto de extracción*.
- 3 Para *ventilación híbrida* las *aberturas de admisión* deben comunicar directamente con el exterior.
- 4 Las *aberturas de extracción* deben conectarse a *conductos de extracción*
- 5 En las zonas comunes las *aberturas de admisión* y las *de extracción* deben disponerse de tal forma que ningún punto del local diste más de 15 m de la abertura más próxima.
- 6 Las *aberturas de paso* de cada trastero deben separarse verticalmente 1,5 m como mínimo.

### 3.1.4 Aparcamientos y garajes de cualquier tipo de edificio

- 1 En los aparcamientos y garajes debe disponerse un sistema de *ventilación* que puede ser *natural* o *mecánica*.

#### 3.1.4.1 Medios de ventilación natural

- 1 Deben disponerse *aberturas mixtas* al menos en dos zonas opuestas de la fachada de tal forma que su reparto sea uniforme y que la distancia a lo largo del recorrido mínimo libre de obstáculos entre cualquier punto del *local* y la abertura más próxima a él sea como máximo igual a 25 m. Si la distancia entre las aberturas opuestas más próximas es mayor que 30 m debe disponerse otra equidistante de ambas, permitiéndose una tolerancia del 5%.
- 2 En el caso de garajes que no excedan de cinco plazas ni de 100 m<sup>2</sup> útiles, en vez de las *aberturas mixtas*, pueden disponerse una o varias *aberturas de admisión* que comuniquen directamente con el exterior en la parte inferior de un cerramiento y una o varias *aberturas de extracción* que comuniquen directamente con el exterior en la parte superior del mismo cerramiento, separadas verticalmente como mínimo 1,5 m.

#### 3.1.4.2 Medios de ventilación mecánica

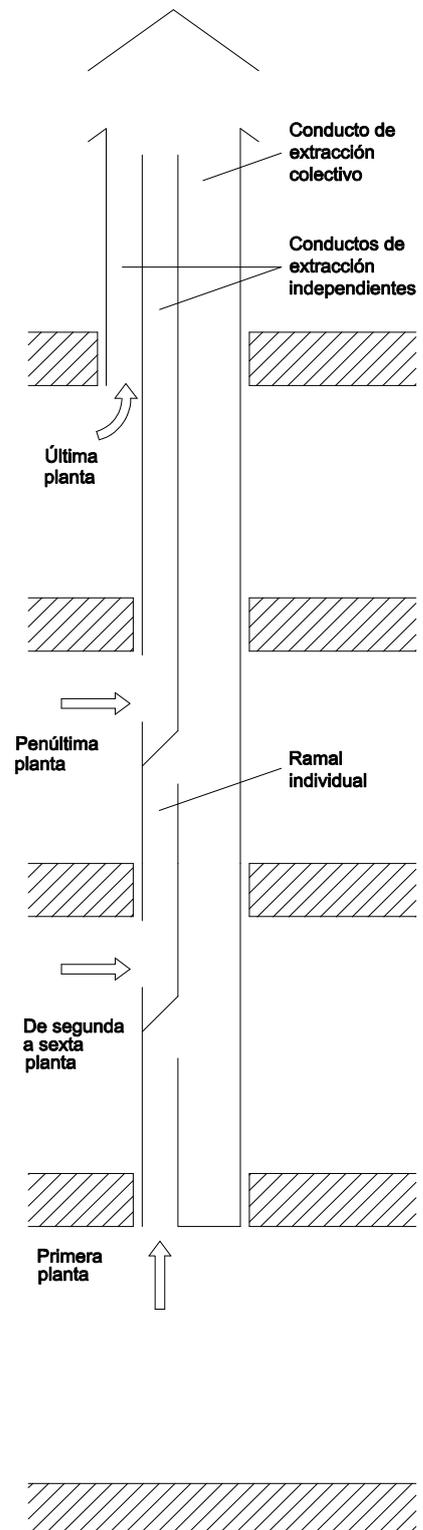
- 1 La *ventilación* debe ser para uso exclusivo del aparcamiento, salvo cuando los trasteros estén situados en el propio recinto del aparcamiento, en cuyo caso la *ventilación* puede ser conjunta, respetando en todo caso la posible compartimentación de los trasteros como zona de riesgo especial, conforme al SI 1-2.
- 2 La ventilación debe realizarse por depresión y puede utilizarse una de las siguientes opciones:
  - a) con extracción mecánica;

- b) con admisión y extracción mecánica.
- 3 Debe evitarse que se produzcan estancamientos de los gases contaminantes y para ello, las aberturas de ventilación deben disponerse de la forma indicada a continuación o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:
- haya una abertura de admisión y otra de extracción por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie útil;
  - la separación entre aberturas de extracción más próximas sea menor que 10 m.
- 4 Como mínimo deben emplazarse dos terceras partes de las *aberturas de extracción* a una distancia del techo menor o igual a 0,5 m.
- 5 En los *aparcamientos compartimentados* en los que la *ventilación* sea conjunta deben disponerse las *aberturas de admisión* en los compartimentos y las de *extracción* en las zonas de circulación comunes de tal forma que en cada compartimento se disponga al menos una *abertura de admisión*.
- 6 En aparcamientos con 15 o más plazas se dispondrán en cada planta al menos dos redes de *conductos de extracción* dotadas del correspondiente *aspirador mecánico*.
- 7 En los aparcamientos que excedan de cinco plazas o de 100 m<sup>2</sup> útiles debe disponerse un sistema de detección de monóxido de carbono en cada planta que active automáticamente el o los *aspiradores mecánicos* cuando se alcance una concentración de 50 ppm. en aparcamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 ppm. en caso contrario.

## 3.2 Condiciones particulares de los elementos

### 3.2.1 Aberturas y bocas de ventilación

- En ausencia de norma urbanística que regule sus dimensiones, los espacios exteriores y los patios con los que comuniquen directamente los locales mediante *aberturas de admisión*, *aberturas mixtas* o *bocas de toma* deben permitir que en su planta se pueda inscribir un círculo cuyo diámetro sea igual a un tercio de la altura del cerramiento más bajo de los que lo delimitan y no menor que 3 m.
- Pueden utilizarse como *abertura de paso* un *aireador* o la holgura existente entre las hojas de las puertas y el suelo.
- Las *aberturas de ventilación* en contacto con el exterior deben disponerse de tal forma que se evite la entrada de agua de lluvia o estar dotadas de elementos adecuados para el mismo fin.
- Las *bocas de expulsión* deben situarse en la cubierta del edificio separadas 3 m como mínimo, de cualquier elemento de entrada de ventilación (*boca de toma*, *abertura de admisión*, puerta exterior y ventana) y de los espacios donde pueda haber personas de forma habitual, tales como terrazas, galerías, miradores, balcones, etc.
- En el caso de *ventilación híbrida*, la *boca de expulsión* debe ubicarse en la cubierta del edificio a una altura sobre ella de 1 m como mínimo y debe superar las siguientes alturas en función de su emplazamiento (véanse los ejemplos de la figura 3.4):
  - la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia comprendida entre 2 y 10 m;
  - 1,3 veces la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia menor o igual que 2 m;



**Figura 3.3**  
Ejemplo de conducto de extracción para ventilación híbrida con conducto colectivo

- c) 2 m en cubiertas transitables.

### 3.2.2 Conductos de admisión

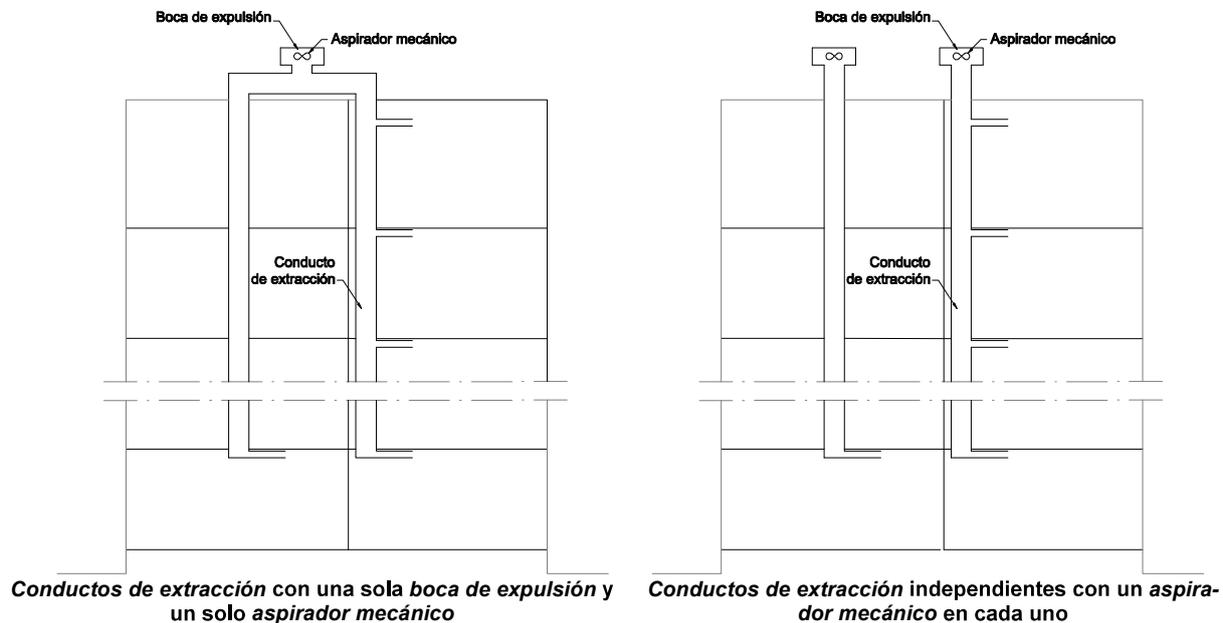
- 1 Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.
- 2 Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza cada 10 m como máximo en todo su recorrido.

### 3.2.3 Conductos de extracción para ventilación híbrida

- 1 Cada *conducto de extracción* debe disponer de un *aspirador híbrido* situado después de la última *abertura de extracción* en el sentido del flujo del aire.
- 2 Los conductos deben ser verticales.
- 3 Si los conductos son colectivos no deben servir a más de 6 plantas. Los conductos de las dos últimas plantas deben ser individuales. La conexión de las *aberturas de extracción* con los conductos colectivos debe hacerse a través de ramales verticales cada uno de los cuales debe desembocar en el conducto inmediatamente por debajo del ramal siguiente (véase el ejemplo de la figura 3.3).
- 4 Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.
- 5 Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de resistencia a fuego del apartado 3 de la sección SI1.
- 6 Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza en la coronación.
- 7 Los conductos deben ser estancos al aire para su presión de dimensionado.

### 3.2.4 Conductos de extracción para ventilación mecánica

- 1 Cada *conducto de extracción* debe disponer de un *aspirador mecánico* situado, salvo en el caso de la *ventilación* específica de la cocina, después de la última *abertura de extracción* en el sentido del flujo del aire, pudiendo varios conductos compartir un mismo aspirador (véanse los ejemplos de la figura 3.4), excepto en el caso de los conductos de los garajes, cuando se exija más de una red.



**Figura 3.4 Ejemplos de disposición de aspiradores mecánicos**

- 2 La sección de cada tramo del conducto comprendido entre dos puntos consecutivos con aporte o salida de aire debe ser uniforme.
- 3 Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y ser practicables para su registro y limpieza en la coronación.

- 4 Cuando se prevea que en las paredes de los conductos pueda alcanzarse la temperatura de rocío éstos deben aislarse térmicamente de tal forma que se evite que se produzcan condensaciones.
- 5 Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de resistencia a fuego del apartado 3 de la sección SI1.
- 6 Los conductos deben ser estancos al aire para su presión de dimensionado.
- 7 Cuando el conducto para la ventilación específica adicional de las cocinas sea colectivo, cada *extractor* debe conectarse al mismo mediante un ramal que debe desembocar en el *conducto de extracción* inmediatamente por debajo del ramal siguiente (véanse los ejemplos de la figura 3.5).

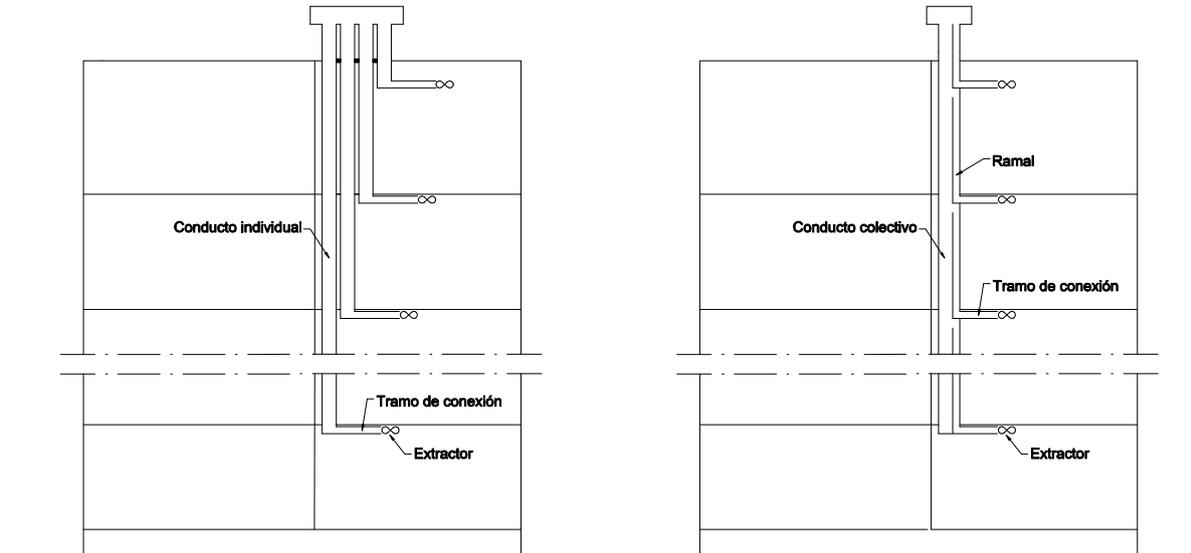


Figura 3.5 Ejemplos de conductos para la ventilación específica adicional de las cocinas

### 3.2.5 Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

- 1 Los *aspiradores mecánicos* y los *aspiradores híbridos* deben disponerse en un lugar accesible para realizar su limpieza.
- 2 Previo a los *extractores* de las cocinas debe disponerse un filtro de grasas y aceites dotado de un dispositivo que indique cuando debe reemplazarse o limpiarse dicho filtro.
- 3 Debe disponerse un sistema automático que actúe de tal forma que todos los *aspiradores híbridos* y *mecánicos* de cada vivienda funcionen simultáneamente o adopte cualquier otra solución que impida la inversión del desplazamiento del aire en todos los puntos.

### 3.2.6 Ventanas y puertas exteriores

- 1 Las ventanas y puertas exteriores que se dispongan para la ventilación natural complementaria deben estar en contacto con un espacio que tenga las mismas características que el exigido para las *aberturas de admisión*.

## 4 Dimensionado

### 4.1 Aberturas de ventilación

- 1 El *área efectiva* total de las *aberturas de ventilación* de cada *local* debe ser como mínimo la mayor de las que se obtienen mediante las fórmulas que figuran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm<sup>2</sup>

Aberturas de ventila-	<b>Aberturas de admisión</b>	4·q <sub>v</sub> ó 4·q <sub>va</sub>
	<b>Aberturas de extracción</b>	4·q <sub>v</sub> ó 4·q <sub>ve</sub>

<b>Aberturas de paso</b>	70 cm <sup>2</sup> ó 8·q <sub>vp</sub>
<b>Aberturas mixtas <sup>(1)</sup></b>	8·q <sub>v</sub>

(1) El área efectiva total de las *aberturas mixtas* de cada zona opuesta de fachada y de la zona equidistante debe ser como mínimo el área total exigida.

siendo

q<sub>v</sub> caudal de ventilación mínimo exigido del local [l/s], obtenido de las tablas 2.1 o 2.2 o del cálculo realizado para cumplir la exigencia.

q<sub>va</sub> caudal de ventilación correspondiente a cada *abertura de admisión* del local calculado por un procedimiento de *equilibrado de caudales de admisión* y de *extracción* y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].

q<sub>ve</sub> caudal de ventilación correspondiente a cada *abertura de extracción* del local calculado por un procedimiento de *equilibrado de caudales de admisión* y de *extracción* y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].

q<sub>vp</sub> caudal de ventilación correspondiente a cada *abertura de paso* del local calculado por un procedimiento de *equilibrado de caudales de admisión* y de *extracción* y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales, [l/s].

## 4.2 Conductos de extracción

### 4.2.1 Conductos de extracción para ventilación híbrida

- 1 La sección de cada tramo de los *conductos de extracción* debe ser como mínimo la obtenida de la tabla 4.2 en función del caudal de aire en el tramo del conducto y de la clase del tiro que se determinarán de la siguiente forma:
  - a) el caudal de aire en el tramo del conducto [l/s], q<sub>vt</sub>, que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las *aberturas de extracción* que vierten al tramo;
  - b) la clase del tiro se obtiene en la tabla 4.3 en función del número de plantas existentes entre la más baja que vierte al conducto y la última, ambas incluidas, y de la *zona térmica* en la que se sitúa el edificio de acuerdo con la tabla 4.4.

Tabla 4.2 Secciones del *conducto de extracción* en cm<sup>2</sup>

		Clase de tiro			
		T-1	T-2	T-3	T-4
Caudal de aire en el tramo del conducto en l/s	q <sub>vt</sub> ≤ 100	1 x 225	1 x 400	1 x 625	1 x 625
	100 < q <sub>vt</sub> ≤ 300	1 x 400	1 x 625	1 x 625	1 x 900
	300 < q <sub>vt</sub> ≤ 500	1 x 625	1 x 900	1 x 900	2 x 900
	500 < q <sub>vt</sub> ≤ 750	1 x 625	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	3 x 900
	750 < q <sub>vt</sub> ≤ 1 000	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	2 x 900	3 x 900 + 1 x 625

Tabla 4.3 Clases de tiro

		Zona térmica			
		W	X	Y	Z
Nº de plantas	1				
	2				T-4
	3			T-3	
	4		T-2		
	5				
	6				
	7		T-1		
	≥8				T-2

Tabla 4.4 Zonas térmicas

Provincia	Altitud en m		Provincia	Altitud en m	
	≤800	>800		≤800	>800
Álava	W	W	Las Palmas	Z	Y
Albacete	X	W	León	W	W
Alicante	Z	Y	Lleida	Y	X
Almería	Z	Y	Lugo	W	W
Asturias	X	W	Madrid	X	W
Ávila	W	W	Málaga	Z	Y
Badajoz	Z	Y	Melilla	Z	-
Baleares	Z	Y	Murcia	Z	Y
Barcelona	Z	Y	Navarra	X	W
Burgos	W	W	Ourense	X	W
Cáceres	Z	Y	Palencia	W	W
Cádiz	Z	Y	Pontevedra	Y	X
Cantabria	X	W	Rioja, La	Z	Y
Castellón	Z	Y	Salamanca	Y	X
Ceuta	Z	-	Sta. Cruz Tenerife	X	W
Ciudad Real	Y	X	Segovia	W	W
Córdoba	Z	Y	Sevilla	Z	Y
Coruña, A	X	W	Soria	W	W
Cuenca	W	W	Tarragona	Y	X
Girona	Y	X	Teruel	W	W
Granada	Y	X	Toledo	Y	X
Guadalajara	X	W	Valencia	Z	Y
Guipúzcoa	X	W	Valladolid	W	W
Huelva	Z	Y	Vizcaya	X	W
Huesca	X	W	Zamora	X	W
Jaén	Z	Y	Zaragoza	Y	X

- 2 La sección de cada ramal debe ser, como mínimo, igual a la mitad de la del conducto colectivo al que vierte.

#### 4.2.2 Conductos de extracción para ventilación mecánica

- 1 Cuando los conductos se dispongan contiguos a un *local habitable*, salvo que estén en cubierta o en locales de instalaciones o en patinillos que cumplan las condiciones que establece el DB HR, la sección nominal de cada tramo del *conducto de extracción* debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula 4.1:

$$S \geq 2,5 \cdot q_{vt} \quad (4.1)$$

siendo

$q_{vt}$  el caudal de aire en el tramo del conducto [l/s], que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las *aberturas de extracción* que vierten al tramo.

- 2 Cuando los conductos se dispongan en la cubierta, la sección debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula

$$S \geq 1,5 \cdot q_{vt} \quad (4.2)$$

#### 4.3 Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

- 1 Deben dimensionarse de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de presión previstas del sistema.
- 2 Los *extractores* del sistema adicional de la cocina deben dimensionarse de acuerdo con el caudal mínimo para la cocina indicado en el apartado 2.

#### **4.4 Ventanas y puertas exteriores**

- 1 La superficie total practicable de las ventanas y puertas exteriores de cada *local* debe ser como mínimo un veinteavo de la superficie útil del mismo.

### **5 Productos de construcción**

#### **5.1 Características exigibles a los productos**

- 1 De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en los sistemas de ventilación deben cumplir las siguientes condiciones:
  - a) lo especificado en los apartados anteriores;
  - b) lo especificado en la legislación vigente;
  - c) que sean capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.
- 2 Se consideran aceptables los conductos de chapa fabricados de acuerdo con las condiciones de la norma UNE ~~100-1021507:1988~~2007.

#### **5.2 Control de recepción en obra de productos**

- 1 En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones particulares de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.
- 2 Debe comprobarse que los productos recibidos:
  - a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
  - b) disponen de la documentación exigida;
  - c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
  - d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.
- 3 En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

### **6 Construcción**

- 1 En el proyecto deben definirse y justificarse las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la parte I del CTE.

#### **6.1 Ejecución**

- 1 Las obras de construcción del edificio, en relación con esta Sección, deben ejecutarse con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones deben indicarse las condiciones particulares de ejecución de los sistemas de ventilación.

##### **6.1.1 Aberturas**

- 1 Cuando las aberturas se dispongan directamente en el muro debe colocarse un pasamuros cuya sección interior tenga las dimensiones mínimas de ventilación previstas y deben sellarse los extremos en su encuentro con el mismo. Los elementos de protección de las aberturas deben colocarse de tal modo que no se permita la entrada de agua desde el exterior.

- 2 Los elementos de protección de las *aberturas de extracción* cuando dispongan de lamas, deben colocarse con éstas inclinadas en la dirección de la circulación del aire.

### 6.1.2 Conductos de extracción

- 1 Debe preverse el paso de los conductos a través de los forjados y otros elementos de partición horizontal de tal forma que se ejecuten aquellos elementos necesarios para ello tales como brochales y zunchos. Los huecos de paso de los forjados deben proporcionar una holgura perimétrica de 20 mm y debe rellenarse dicha holgura con aislante térmico.
- 2 El tramo de conducto correspondiente a cada planta debe apoyarse sobre el forjado inferior de la misma.
- 3 Para *conductos de extracción para ventilación híbrida*, las piezas deben colocarse cuidando el aplomado, admitiéndose una desviación de la vertical de hasta 15° con transiciones suaves.
- 4 Deben realizarse las uniones previstas en el sistema, cuidándose la estanquidad de sus juntas.
- 5 Las *aberturas de extracción* conectadas a *conductos de extracción* deben taparse adecuadamente para evitar la entrada de escombros u otros objetos en los conductos hasta que se coloquen los elementos de protección correspondientes.
- 6 Se consideran satisfactorios los conductos de chapa ejecutados según lo especificado en la norma UNE-EN 1507:2007.

### 6.1.3 Sistemas de ventilación mecánicos

- 1 El *aspirador híbrido* o el *aspirador mecánico*, en su caso, debe colocarse aplomado y sujeto al *conducto de extracción* o a su revestimiento.
- 2 El sistema de ventilación mecánica debe colocarse sobre el soporte de manera estable y utilizando elementos antivibratorios.
- 3 Los empalmes y conexiones deben ser estancos y estar protegidos para evitar la entrada o salida de aire en esos puntos.

## 6.2 Control de la ejecución

- 1 El control de la ejecución de las obras debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.
- 2 Debe comprobarse que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.
- 3 Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra debe quedar en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

## 6.3 Control de la obra terminada

- 1 En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.4 de la parte I del CTE. En esta sección del DB no se prescriben pruebas finales.

# 7 Mantenimiento y conservación

- 1 Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 7.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

Tabla 7.1 Operaciones de mantenimiento

	Operación	Periodicidad
Conductos	Limpieza	1 año
	Comprobación de la estanquidad aparente	5 años

<b>Aberturas</b>	Limpieza	1 año
<b><i>Aspiradores híbridos, mecánicos, y extractores</i></b>	Limpieza	1 año
	Revisión del estado de funcionalidad	5 años
<b>Filtros</b>	Revisión del estado	6 meses
	Limpieza o sustitución	1 año
<b>Sistemas de control</b>	Revisión del estado de sus automatismos	2 años

## Apéndice A Terminología

**Abertura de admisión:** *abertura de ventilación* que sirve para la *admisión*, comunicando el *local* con el exterior, directamente o a través de un *conducto de admisión*.

**Abertura de extracción:** *abertura de ventilación* que sirve para la *extracción*, comunicando el *local* con el exterior, directamente o a través de un *conducto de extracción*.

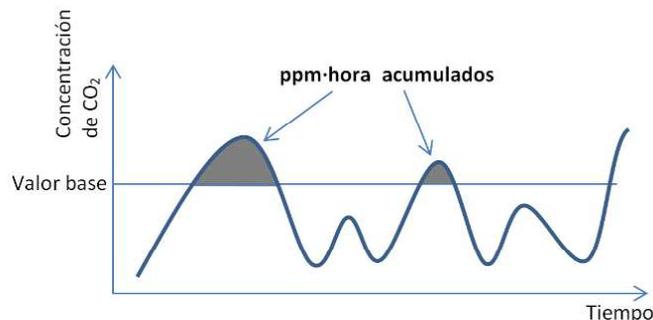
**Abertura de paso:** *abertura de ventilación* que sirve para permitir el paso de aire de un *local* a otro contiguo.

**Abertura de ventilación:** hueco practicado en uno de los elementos constructivos que delimitan un *local* para permitir la transferencia de aire entre el mismo y otro *local* contiguo o el espacio exterior.

**Abertura mixta:** *abertura de ventilación* para ventilación natural que comunica el *local* directamente con el exterior y que en ciertas circunstancias funciona como *abertura de admisión* y en otras como *abertura de extracción*.

**Acumulado anual de CO<sub>2</sub>:** magnitud que representa la relación entre las concentraciones de CO<sub>2</sub> alcanzadas por encima de un determinado valor (valor base) y el tiempo que se han mantenido a lo largo de un año. Puede calcularse como el sumatorio de las áreas (medidas en ppm·hora) contenidas entre la representación de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en función del tiempo y el valor base.

Ejemplo:



**Admisión:** entrada a un *local* de aire exterior para su ventilación y, en algunos casos, también para la de otros *locales*.

**Aireador:** elemento que se dispone en las *aberturas de admisión* para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de abertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada.

**Aparcamiento compartimentado:** aparcamiento colectivo en el que las plazas correspondientes a usuarios diferentes se encuentran separadas entre sí y de la zona común de circulación por medio de particiones.

**Apertura fija (de una carpintería):** Apertura estable que se consigue mediante la propia configuración de la carpintería o mediante un dispositivo especial que mantiene las hojas en una posición que la permita.

**Área efectiva (de una abertura):** área de la sección perpendicular a la dirección del movimiento del aire que está libre de obstáculos.

**Aspirador híbrido:** dispositivo de la *ventilación híbrida*, colocado en la *boca de expulsión*, que permite la *extracción* del aire por tiro natural cuando la presión y la temperatura ambientales son favorables para garantizar el caudal necesario y que, mediante un *ventilador*, extrae automáticamente el aire cuando dichas magnitudes son desfavorables.

**Aspirador mecánico:** dispositivo de la *ventilación mecánica*, colocado en la *boca de expulsión* que tiene un *ventilador* para extraer automáticamente el aire de forma continua.

**Boca de expulsión:** extremo exterior de un *conducto de extracción* por el que sale el aire viciado, que está dotado de elementos de protección para impedir la entrada de agua y de pájaros.

**Boca de toma:** extremo exterior de un *conducto de admisión* por el que entra el aire exterior, que está dotado de elementos de protección para impedir la entrada de agua y de insectos.

**Caudal de ventilación:** volumen de aire que, en condiciones normales, se aporta a un *local* por unidad de tiempo.

**Conducto de admisión:** conducto que sirve para introducir el aire exterior al interior de un *local* cuando ninguno de los elementos constructivos que lo conforman está en contacto con un espacio exterior apto para que pueda disponerse en él la abertura de entrada del aire de ventilación.

**Conducto de extracción:** conducto que sirve para sacar el aire viciado al exterior.

**Contaminantes (del aire):** sustancias que, durante el uso de un *local*, se incorporan al aire interior y deterioran su calidad en una medida tal que puede producir molestias inaceptables o enfermedades en los ocupantes del *local*.

**Depresión:** valor absoluto de la diferencia de presión entre un punto cualquiera del sistema de ventilación y otro con mayor presión que se toma como referencia.

**Dispositivo de microventilación:** *apertura fija* de una carpintería que permite una *ventilación* muy pequeña suficiente para garantizar los caudales exigidos.

**Equilibrado de caudales:** procedimiento por el que, fijada una hipótesis de flujo, en el supuesto de que los caudales de admisión y extracción determinados de acuerdo con la tabla 2.1 no coincidan, se aumentan los caudales menores hasta que se igualen a los mayores. Con los caudales equilibrados se realiza el dimensionado del sistema de *ventilación*.

**Escenario de ocupación:** simulación teórica y aproximada del comportamiento estándar que podrían llevar a cabo los ocupantes de una vivienda en cuanto a su localización temporal. Usualmente, es una tabla que recoge en qué *local* de la vivienda se encuentra cada ocupante en función de cada hora del día, para todo un día o una semana.

**Expulsión:** salida al exterior del aire viciado.

**Extracción:** evacuación hacia el exterior del aire viciado de un *local*. Este aire puede haberse contaminado en el propio *local* o en otros comunicados con él.

**Extractor:** *ventilador* que sirve para extraer de forma localizada los contaminantes.

**Filtro:** elemento de un sistema de ventilación que sirve para retener la suciedad del aire con el fin de evitar el ensuciamiento de los dispositivos y aparatos por los que éste pasa y la contaminación del aire exterior.

**Junta de apertura:** línea de discontinuidad existente entre el marco y la hoja y entre dos hojas de una ventana o puerta exterior.

**Local:** recinto interior. En el caso de que dos *locales* contiguos estén comunicados por un hueco libre se considerará que forman un solo *local* cuando el área de dicho hueco sea mayor o igual que 1,5 m<sup>2</sup> y que un veinteavo de la suma de las áreas de ambos *locales*.

**Local habitable:** *local* destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran locales habitables, dentro del ámbito de aplicación de esta sección, los siguientes:

habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.);

cocinas, baños, aseos y pasillos y distribuidores interiores de las viviendas.

**Sección nominal (de un conducto):** valor teórico aproximado al valor real del área libre de la sección recta de un conducto que se toma como representativo del mismo.

**Sistema de detección de monóxido de carbono:** sistema automático de vigilancia de la concentración de monóxido de carbono existente en un *local*. Se utiliza para poner en funcionamiento los *aspiradores mecánicos* del sistema de ventilación cuando se alcanzan los valores de la concentración considerados inadecuados o peligrosos.

**Temperatura de rocío:** temperatura hasta la que debe ser enfriado el aire contenido en un *local* para que se inicie la condensación del vapor de agua debido a que se alcanza la saturación.

**Tiro:** movimiento ascendente del aire entre dos puntos producido por la diferencia de temperatura existente entre ellos.

**Ventilación de caudal constante:** aquella en la que se mantiene el valor del *caudal de ventilación* en el tiempo, independientemente de la ocupación, uso u otros factores.

**Ventilación de caudal variable:** aquella en la que se modifica el valor del *caudal de ventilación* en el tiempo en función de la ocupación, uso u otros factores.

**Ventilación mecánica:** ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con *admisión* mecánica, con *extracción* mecánica o equilibrada.

**Ventilación híbrida:** ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con *extracción* mecánica.

**Ventilación natural:** ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

**Ventilación:** proceso de renovación del aire de los *locales* para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

**Ventilador:** aparato electromecánico dotado de un motor y de un conjunto de aspas o de álabes accionados por él que se utiliza para extraer o impulsar el aire.

**Zona térmica:** zona geográfica que engloba todos los puntos en los que la temperatura media anual,  $T_m$ , está comprendida dentro del mismo intervalo de los siguientes:

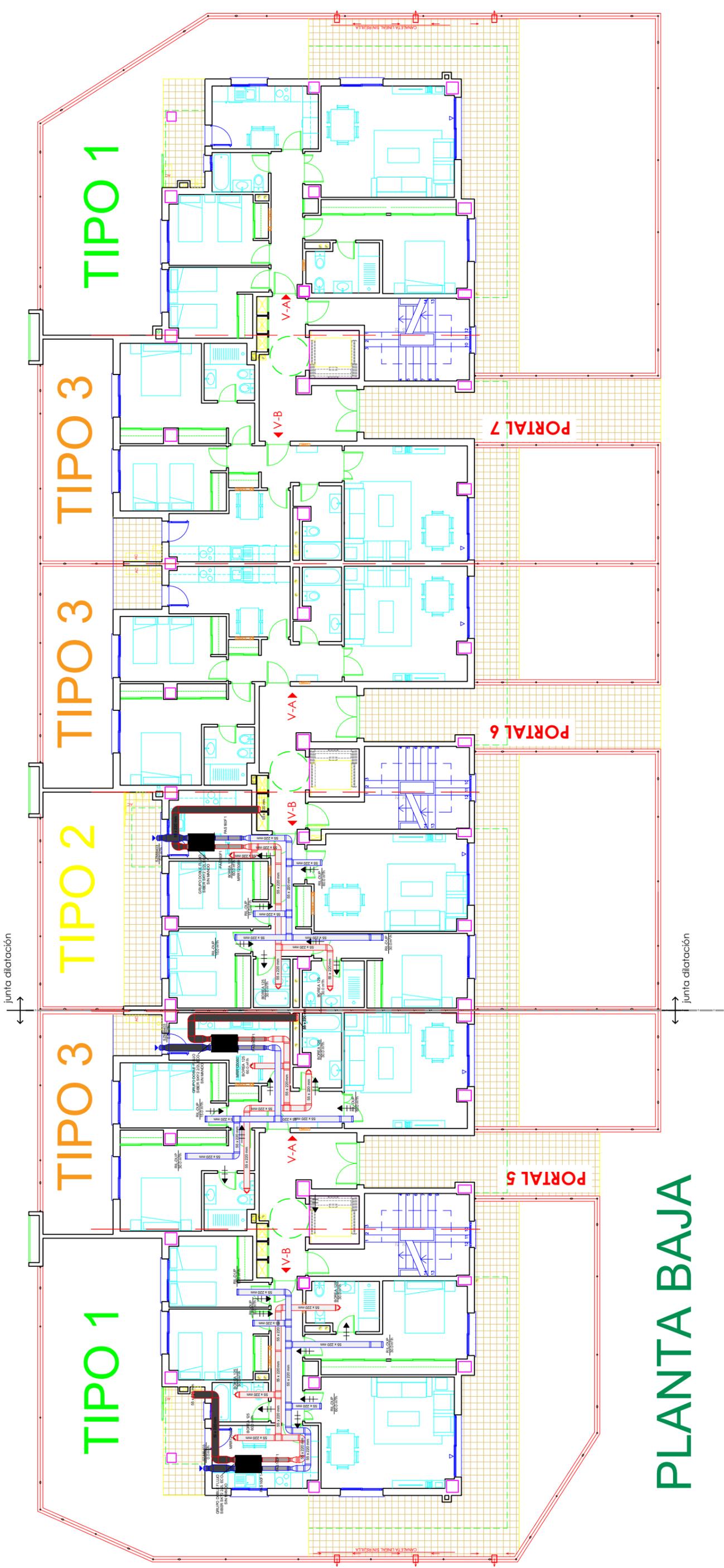
zona W:  $T_m \leq 14^\circ\text{C}$

zona X:  $14^\circ\text{C} < T_m \leq 16^\circ\text{C}$

zona Y:  $16^\circ\text{C} < T_m \leq 18^\circ\text{C}$

zona Z:  $18^\circ\text{C} < T_m$

# ANEXO II: PLANOS



PLANTA BAJA

TIPO 2

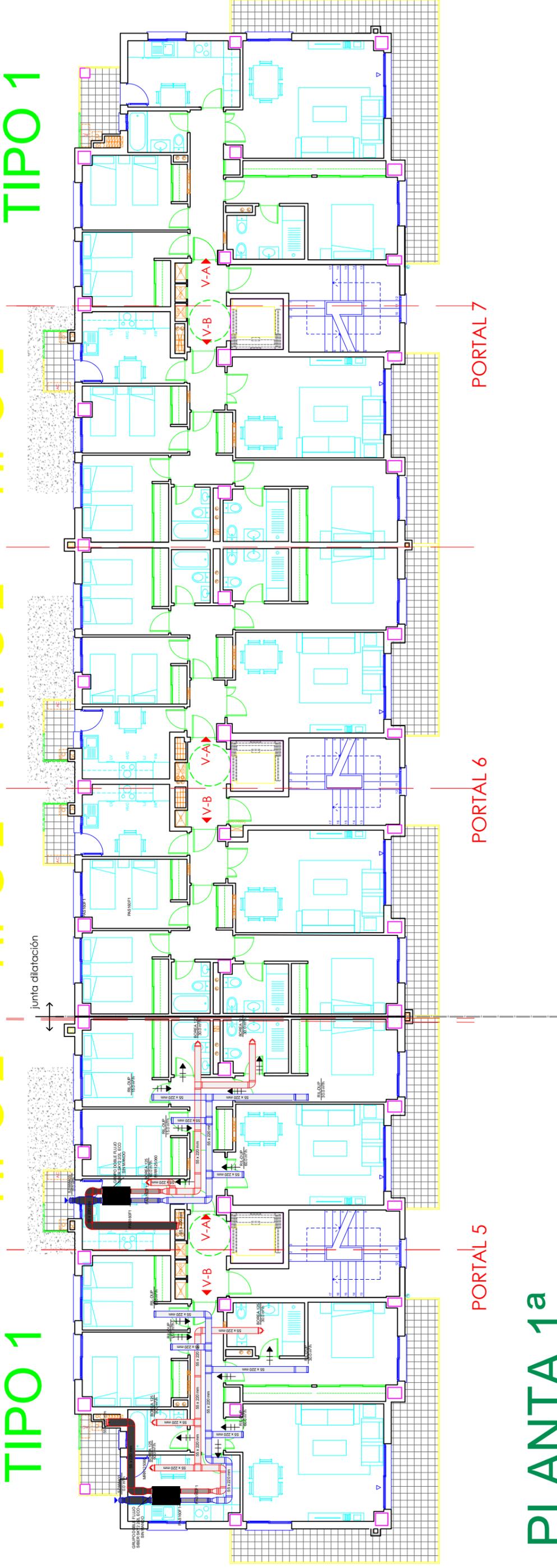
TIPO 2

TIPO 2

TIPO 2

TIPO 1

TIPO 1



PLANTA 1a



TIPO 2

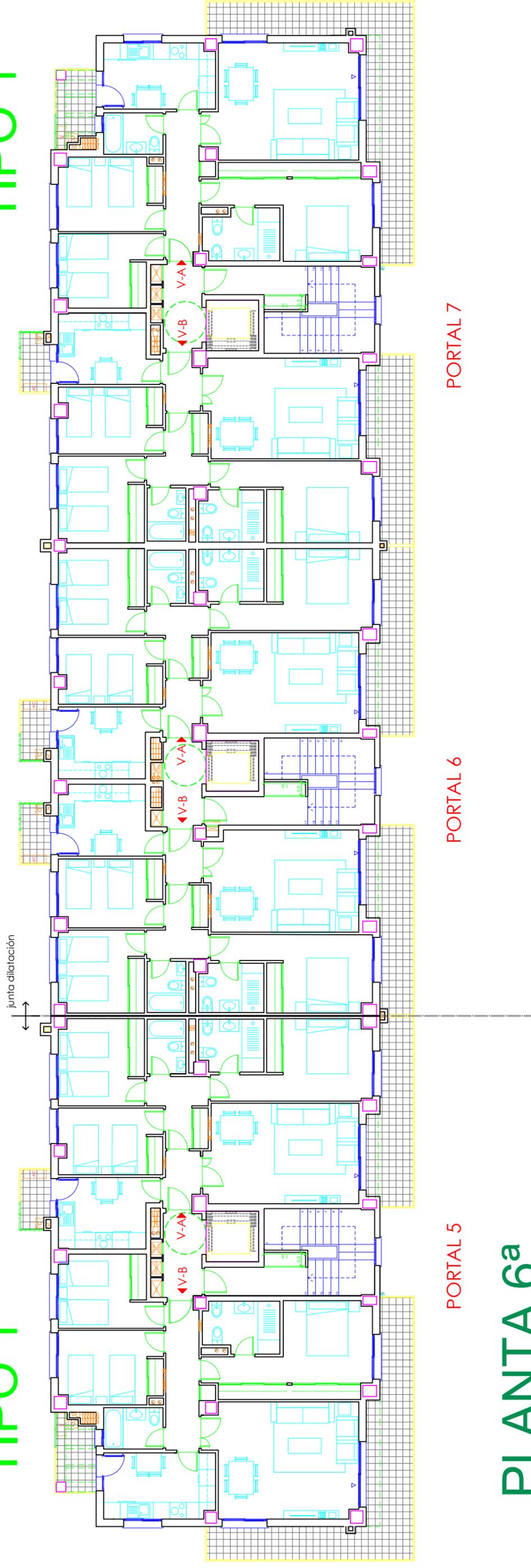
TIPO 2

TIPO 2

TIPO 2

TIPO 1

TIPO 1



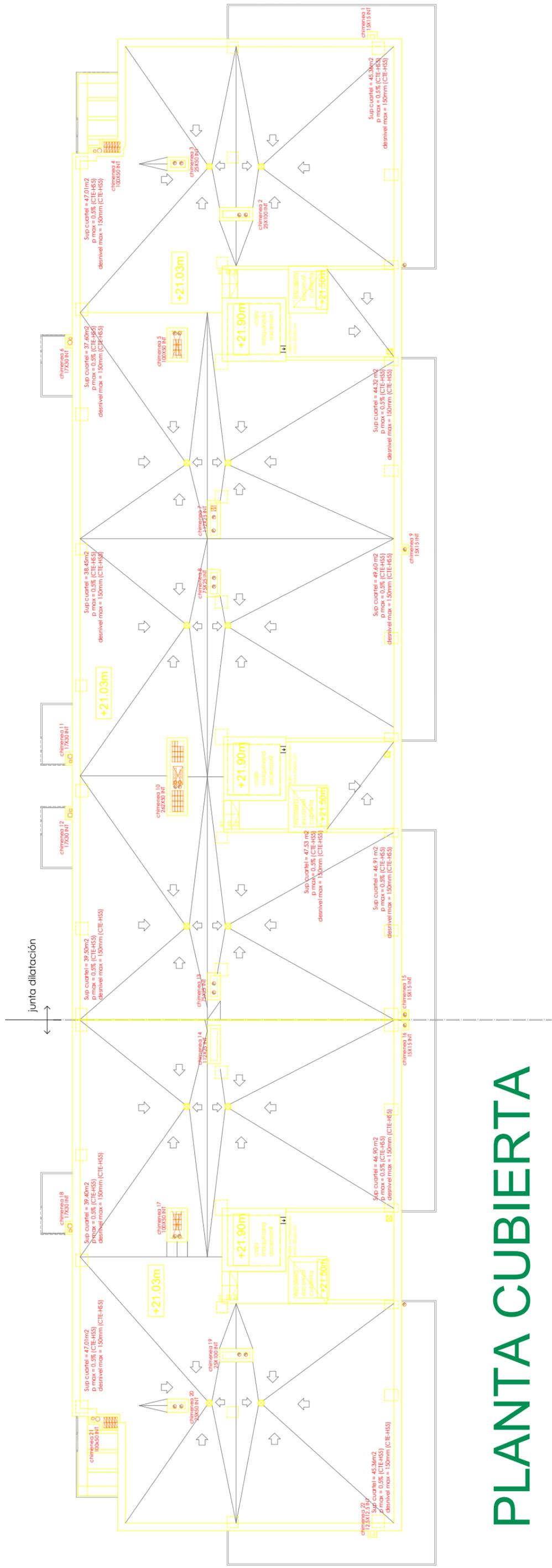
junta dilatación

PORTAL 5

PORTAL 6

PORTAL 7

PLANTA 6a



# PLANTA CUBIERTA