



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial

Desarrollo de una aplicación informática para diseño de Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH) en establecimientos industriales según la Norma UNE 23585

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: **Arturo Jarillo Oñate**
Director: José Pérez García

Cartagena, 7 de diciembre de 2020



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Índice

1 INTRODUCCIÓN	7
1.1. Resumen.....	7
1.2. Abstract	7
1.3. Objetivos	7
1.4. Fases del trabajo	8
1.5. Conceptos básicos de la propagación de incendios en recintos cerrados.....	8
1.5.1. El fuego.....	8
1.5.2. Desarrollo de un incendio en recintos cerrados	9
1.5.2.1. Ignición	10
1.5.2.2 Crecimiento del incendio	10
1.5.2.3. Flashover	11
1.5.2.4. Incendio completamente desarrollado.....	11
1.5.2.5. Decrecimiento	12
1.5.3. Factores que afectan al desarrollo del incendio	12
1.5.4. El humo.....	12
3 SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)	13
4 NORMATIVA GENERAL Y ESPECÍFICA DE APLICACIÓN	16
4.1. Código Técnico de la Edificación (CTE).....	16
4.2. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos (RSCIEI)	17
4.3. Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI).....	18
4.4. Norma UNE 23585:2017	19
5 COMPONENTES DE UN SCTEH.....	21
5.1. Exutorio o aireador natural	21
5.1.1. Exutorio tipo lamas o rejillas (LAM)	21
5.1.2. Exutorio tipo claraboya o lucernario.....	22
5.1.3. Exutorio de doble compuerta (DVP)	22
5.2. Ventiladores o aireadores mecánicos	22
5.3. Sistemas de admisión de aire (aire de reemplazamiento).....	23
5.4. Barreras de humos	24
6 MEDIOS DE ACTIVACIÓN DEL DEL SCTEH.....	25
7 DISEÑO DE UN SCTEH SEGÚN LA NORMA UNE EN 23585:2017	26
7.1. Modelo de incendio de diseño.....	26
7.2. Flujo de calor liberado.....	27
7.3. Flujo de calor convectivo Q_f	27
7.4. Altura libre de humos.....	28

7.5. Masa circulante	28
7.6 Depósito de humos	29
7.7. Profundidad de la capa flotante de humos en un depósito de humos.....	29
7.8. Temperatura de la capa de humos	30
7.9. Superficie aerodinámica libre	31
7.10. Efecto “plugholing”, “efecto vórtice” o “efecto desagüe”	34
7.11. Capacidad total de extracción de los aireadores mecánicos de extracción de humos..	35
8 DISEÑO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA	36
8.1. Descripción de la aplicación	36
8.2 Limitaciones de la aplicación.....	36
8.2. Algoritmo Excel	37
8.3. Manual de usuario	48
8.3.1. Pantalla de inicio	48
8.3.2. Zona de cálculo.....	48
8.3.3.1. Tipos de celdas	49
8.3.2.2 Parámetros constates	50
8.3.2.2 Datos del edificio.....	51
8.3.2.3 Uso y objetivo del SCTEH.....	51
8.3.2.4 Rociadores	51
8.3.2.5 Parámetros de diseño	52
8.3.2.6 Temperaturas	52
8.3.2.7 Opción ventilación natural	53
8.3.2.8 Comprobación efecto vórtice.....	53
8.3.2.9 Opción extracción mecánica	53
8.3.3 Columna de errores e indicaciones	54
8.3.3.1. Mensaje de error.....	54
8.3.3.2. Mensaje indicación.....	54
8.3.5. Zona explicaciones y aclaraciones.....	55
8.3.6. Modo de empleo	56
8.3.7. Base de datos	59
9 VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN.....	62
9.1. Ejemplo de validación 1	64
9.2. Ejemplo de validación 2	65
9.3. Ejemplo de validación 3	66
9.4. Ejemplo de validación 4	67
10 CONCLUSIONES Y CONTINUIDAD DEL TFG.....	68

BIBLIOGRAFÍA.....	70
Normativa.....	70
Páginas web.....	70
Referencias.....	70
ANEXOS	70
Anexo I. Informes de los casos estudiados para la validación de la aplicación desarrollada con aplicación Supra SCTEH	71
Anexo II. Informes de los casos estudiados para la validación de la aplicación desarrollada con aplicación desarrollada.....	99

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Triángulo del fuego.....	8
Ilustración 2. Tetraedro del fuego.....	9
Ilustración 3. Fases del desarrollo de un incendio	10
Ilustración 4. Comparación espacio sin y con SCTEH	15
Ilustración 5. Comparación de instalación sin y con SCTEH	16
Ilustración 6. Exutorio de lamas o rejillas	21
Ilustración 7. Exutorio de claraboya o lucernario	22
Ilustración 8. Exutorio de doble compuerta	22
Ilustración 9. Ventilador mecánico	23
Ilustración 10. Barreras de humos	24
Ilustración 11. Ejemplo actuación barreras de humos.....	25
Ilustración 12. Efecto vórtice o desagüe	34
Ilustración 13. Exutorio con efecto vórtice (izquierda) y sin efecto vórtice (derecha)	35
Ilustración 14. Pantalla inicio aplicación	48
Ilustración 15. Zona de cálculo.....	48
Ilustración 16. Celdas parámetros predeterminados	49
Ilustración 17. Celdas de selección	49
Ilustración 18. Celdas de entrada.....	49
Ilustración 19. Celdas de salida	50
Ilustración 20. Parámetros predeterminados	50
Ilustración 21. Datos del edificio.....	51
Ilustración 22. Uso y objetivo del SCTEH.....	51
Ilustración 23. Tipo y parámetros de rociadores	51
Ilustración 24. Efecto cauda por rociadores	51
Ilustración 25. Parámetros de diseño	52
Ilustración 26. Temperaturas	52
Ilustración 27. Opción sistema de ventilación natural.....	53
Ilustración 28. Comprobación efecto vórtice.....	53
Ilustración 29. Opción extracción mecánica	53
Ilustración 30. Columna errores e indicaciones.....	54
Ilustración 31. Mensaje de error.....	54
Ilustración 32. Mensaje indicación.....	54
Ilustración 33. Requisitos, fórmulas, cálculos y datos.	55
Ilustración 34. Hoja de cálculo según el modelo de incendio	56
Ilustración 35. Introducción datos de entrada.....	57
Ilustración 36. Datos de salida	58
Ilustración 37. Selección modelo exutorio y ventilador.....	58
Ilustración 38. Base de datos	59
Ilustración 39. Base de datos modelos de exutorios (extracción natural).....	59
Ilustración 40. Base de datos modelos de ventiladores extracción mecánica.....	60
Ilustración 41. Ampliar modelos de exutorios a la base de datos	60
Ilustración 42. Ampliar modelos de ventiladores a la base de datos	61

Índice de tablas

Tabla 1.Tabla 2 según establece la norma UNE EN 23585:2017.....	28
Tabla 2. Tabla 1.1 según establece la norma UNE EN 23585:2017.....	41
Tabla 3. Tabla 1.2 según establece la norma UNE EN 23585:2017.....	41
Tabla 4. Tabla 1.3 según establece la norma UNE EN 23585:2017.....	42
Tabla 5. Tabla 1.4 según establece la norma UNE EN 23585:2017.....	42
Tabla 6. Comparativa áreas de venta inferiores a 1000 m2, oficinas y habitaciones de hotel...	64
Tabla 7. Comparativa áreas de venta superiores a 1000 m2 con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones	65
Tabla 8. Comparativa áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada.....	66
Tabla 9. comparativa edificio almacenamiento en altura.....	67

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Resumen

Un incendio puede declararse en cualquier ámbito, tanto en edificación como en establecimientos industriales. Para evitarlos, o reducir sus efectos lo máximo posible, es necesario conocer los distintos medios de protección o extinción con los que se puede contar y los sistemas de control, y prevención más adecuados en cada caso, así como, diseñar las instalaciones de protección contra incendios requeridas según normativa. A la hora de considerar el riesgo de incendio en los distintos tipos de establecimientos industriales se debe tener en cuenta el tipo de actividad desarrollada. Para poder tener bajo control estos riesgos se deben implementar sistemas de protección o prevención de incendios, cuya función principal es evitar en la medida de lo posible, y en el caso de que finalmente se produzca, se debe disponer de las instalaciones y medios de control o extinción con objeto de minimizar sus efectos sobre las personas, y los bienes materiales.

1.2. Abstract

A fire can occur in any area, both in buildings and in industrial establishments. In order to avoid it, or reduce its effects as much as possible, it is necessary to know the different methods of protection or extinction that we should have. As well as the most appropriate control and prevention systems in each case. In addition, it is necessary to design the protection systems against fire required according to regulations. When considering the risk of fire in the different types of industrial establishments, the type of activity carried out must be taken into account. In order to have these risks under control, fire protection or prevention systems must be implemented, whose main function is to avoid it as far as possible, and, in case that it finally happens, the systems and means of control or extinction which should be available, in order to minimize its effects on people and equipment.

1.3. Objetivos

El objetivo principal del Trabajo Fin de Grado es desarrollar una aplicación informática para el diseño, cálculo y dimensionado de Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH) en establecimientos industriales según la Norma UNE 23585.

El trabajo incluye:

- Estudiar la normativa de aplicación general sobre instalaciones de protección contra incendios en lo relativo a SCTEH
- Estudiar en profundidad la normativa específica UNE 23585:2017 y resumir la información relevante para el diseño y dimensionado de SCTEH, de interés para el desarrollo de la aplicación informática
- Revisar la información sobre diseño y cálculo de SCTEH de fabricantes y empresas del sector de Protección Contra Incendios (PCI)
- Desarrollo del algoritmo general de cálculo y programación de la aplicación informática.
- Validación de resultados de la aplicación informática

1.4. Fases del trabajo

El Trabajo Fin de Grado se divide en las siguientes fases principales:

1. Estudio de la normativa general de aplicación sobre instalaciones de protección contra incendios (PCI) en lo relativo a SCTEH
2. Estudio en profundidad la normativa específica UNE 23585:2017
3. Resumir la información relevante para el diseño y dimensionado de SCTEH, de interés para el desarrollo de la aplicación informática
4. Revisar la información sobre diseño y cálculo de SCTEH de fabricantes y empresas del sector de las instalaciones de PCI
5. Desarrollo del algoritmo general de cálculo para programar la aplicación informática
6. Programación de la aplicación informática
7. Validación de resultados de la aplicación desarrollada. Estudio de un caso de diseño de SCTEH en establecimientos industriales
 - 7.1. Definición de la sectorización, configuración del establecimiento industrial, evaluación del nivel de riesgo intrínseco, y dotación de instalaciones de PCI requeridas según el RSCIEI
 - 7.2. Diseño del SCTEH mediante la aplicación desarrollada
 - 7.3. Selección de equipos principales
 - 7.4. Análisis y comparación de resultados. Conclusiones
 - 7.5. Redacción de la memoria del Trabajo Fin de Grado

1.5. Conceptos básicos de la propagación de incendios en recintos cerrados

1.5.1. El fuego

El fuego se define como una reacción química entre un comburente y un combustible, que desprende energía en forma de calor y luz. Para que este se dé son necesarios tres elementos, el combustible, el oxígeno y la energía de activación (calor), estos tres elementos forman el triángulo del fuego, para que se produzca la combustión se necesitan los tres.

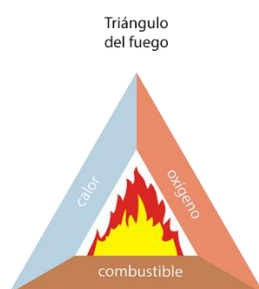


Ilustración 1. Triángulo del fuego

El combustible es cualquier sustancia capaz de arder, puede estar presente en estado líquido, sólido o gaseoso. El comburente es el componente oxidante de la reacción (lo que se quema), normalmente es el oxígeno del aire (el aire contiene un 21% de oxígeno). El calor o energía de activación es la energía necesaria aportar para que el comburente y el combustible reaccionen en un espacio y tiempo definido.

El fuego se produce cuando estos factores se dan en la proporción apropiada. Cuando se desencadena el fuego, la reacción entre el comburente y el combustible provoca la emisión de ciertos productos (llamas, gases, humos, calor...)

Lo que permite que el fuego se mantenga y progrese la reacción una vez comenzada es lo que se conoce como reacción en cadena, esta se da una vez que el fuego desprende calor, lo transmite al combustible realimentándolo y continuando la combustión.



Ilustración 2. Tetraedro del fuego

El tetraedro del fuego funciona igual que el triángulo del fuego, cada uno de los lados de este es esencial para que se desencadene y mantenga el incendio. Para ello debe generarse suficiente energía en forma de calor para que parte del combustible se vaporice y se inflame el vapor que se mezcla con el oxígeno. La reacción en cadena hará que se desprenda calor que será transmitido al combustible realimentándolo y haciendo que permanezca la combustión.

1.5.2. Desarrollo de un incendio en recintos cerrados

En la primera fase de un incendio aumenta el calor y se desarrolla una columna de humo ascendente (penacho), en el caso de que el incendio transcurriera en un espacio exterior (abierto), la columna de humo crecerá sin ninguna dificultad y se alimentará del aire a medida que va creciendo, esto ocurre debido a que el aire que se aporta a la columna de humo está más frío que los gases del incendio.

El crecimiento y desarrollo de un incendio en un recinto cerrado está controlado, habitualmente, por la cantidad disponible de oxígeno y combustible. En base a esto, podemos distinguir entre dos tipos de incendios, el primero, conocido como incendio controlado por el combustible, que se da cuando la cantidad de combustible es limitada, es decir, la cantidad de combustible es la que limita la velocidad en la que el incendio crece, ya que la cantidad de aire disponible es suficiente. Por el contrario, si la cantidad de oxígeno está limitada se le denomina incendio controlado por ventilación, es decir, en este caso la cantidad de combustible no está limitada pero la cantidad de oxígeno disponible no es suficiente para que se mantenga la combustión.

Los investigadores identifican cinco fases en el desarrollo de incendios en espacios cerrados, estas son las siguientes:

- Ignición
- Crecimiento
- Flashover
- Incendio completamente desarrollado.
- Decaimiento

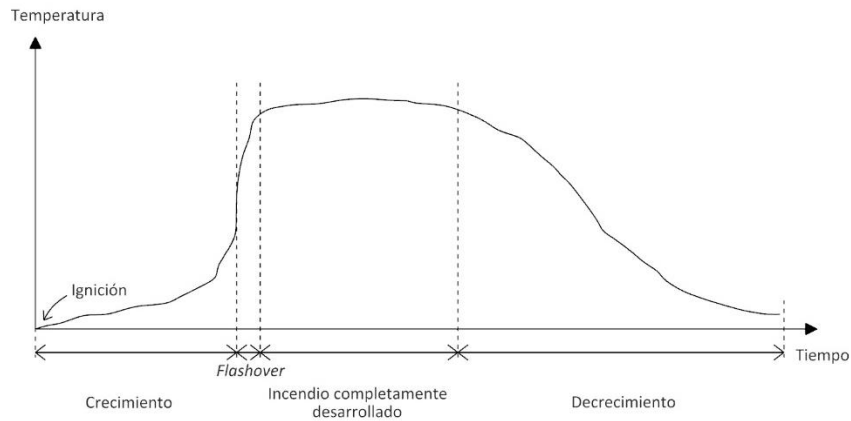


Ilustración 3. Fases del desarrollo de un incendio

El incendio no siempre se desarrollará a través de las fases descritas ya que hay que tener en cuenta que en la ignición y el desarrollo de incendios en espacios cerrados intervienen muchas variables, por lo que es un proceso complejo.

1.5.2.1. Ignición

La ignición describe el periodo donde todos los elementos capaces de iniciar el incendio comienzan a interactuar. La ignición puede ocurrir por fuentes de calor o por una ignición espontánea del material combustible, a través de la acumulación de calor en el mismo. En esta fase, el incendio es pequeño y generalmente lo limita el combustible que se incendia primero.

1.5.2.2 Crecimiento del incendio

Tras la ignición, el incendio crece y produce un incremento de energía, debido fundamentalmente a la propagación de la llama. En las etapas incipientes del incendio las condiciones del recinto no afectan prácticamente al incendio.

El incendio en esta fase puede crecer de forma rápida o lenta, dependiendo del tipo de combustión, naturaleza del combustible y la interacción del mismo con sus alrededores.

El crecimiento del incendio puede producirse rápidamente, debido a que el combustible sea suficientemente inflamable para permitir una rápida propagación a través de su superficie o para producir la ignición de otros materiales combustibles presentes y se disponga de suficiente oxígeno para que se produzca el rápido crecimiento. En esta etapa, los gases calientes de la llama son rodeados por gases fríos del entorno, ascendiendo las masas menos densas debido al efecto de la flotabilidad. El flujo de flotabilidad, incluyendo las llamas, se denomina penacho del incendio.

En la fase inicial del crecimiento la cantidad de aire es muy elevada. El aire entra por los lados del penacho en cantidades que normalmente exceden por diez veces el oxígeno necesario para la combustión. Por este motivo, en las etapas iniciales de un incendio la temperatura de los gases es muy baja. La estratificación genera dos zonas marcadas, una de temperatura alta cerca al techo y una de temperatura baja en la zona de ingreso del aire. Conforme aumenta la cantidad de humo aumenta la temperatura de la zona alta. Esto sucede por dos razones, el crecimiento de la zona inflamada, pero sobre todo el aumento de las dimensiones de la zona caliente. Este

aumento reduce las dimensiones de la zona fría, reduciendo la cantidad de exceso de aire. Para el mismo calor generado hay mucho menos aire para calentar.

El flujo del penacho, en un instante determinado alcanzará el techo del espacio y se verá forzado a moverse hacia abajo en las paredes. Sin embargo, los gases en el flujo están más calientes que el aire del ambiente, por lo que el flujo modificará su movimiento hacia arriba debido a la flotabilidad, formándose, por tanto, una capa de gases calientes en el techo

A medida que el penacho continúa recogiendo aire de la capa fría y transportándolo hacia el techo, la capa superior (la caliente) aumenta en volumen y la interfase entre capas desciende. Debido a este descenso y aumento de temperatura en la capa superior, la transferencia de calor aumenta, siendo el calor transmitido por convección y radiación desde la capa caliente superior al techo y paredes que están en contacto con ella. Así mismo, se transmite calor al combustible origen del incendio, no solo por la llama, sino por la radiación de la capa caliente superior y los elementos de contorno del recinto que están calientes, lo que produce un incremento de la velocidad de combustión de este y el calentamiento de otros elementos combustibles presentes en el recinto.

Por lo tanto, el incendio puede continuar creciendo por el incremento de la velocidad de combustión, debido a la propagación de llamas en el primer elemento inflamado, o por la ignición de otros combustibles.

1.5.2.3. Flashover

En esta situación la capa caliente superior eleva su temperatura pudiendo llegar a ser muy alta. Debido a la radiación de la capa caliente hacia otros combustibles del espacio, puede producirse un estado en el que todos los combustibles presentes en el recinto inflamen, causando un rápido incremento de la velocidad de cesión de calor en el recinto. Esta rápida y repentina transición desde la fase de crecimiento del incendio hasta que se desarrolla completamente se denomina flashover, es un fenómeno asociado a una inestabilidad térmica. Los criterios normalmente empleados son que la temperatura en el compartimento alcance los 500/600°C, que el flujo de calor por radiación en el suelo del recinto sea de 15/20kW/m², o que aparezcan llamar emergiendo de las aperturas del compartimento.

El flashover solo puede alcanzarse cuando el incendio haya crecido a un tamaño suficiente para crear las condiciones en la capa superior de gases calientes bajo techo, de forma que puedan generar estos flujos de calor.

Normalmente se producirán como consecuencia del propio crecimiento del incendio, sin embargo, si el combustible se agota o apaga, o se produce una disminución el nivel de oxígeno, el flashover podría no alcanzarse.

1.5.2.4. Incendio completamente desarrollado

Esta fase comienza cuando todos los combustibles presentes del espacio se encuentran incendiados. En este periodo, los combustibles ardiendo liberan la cantidad de calor máxima posible por las fuentes de ignición disponibles, produciendo cantidades grandes de gases. Esta fase puede llegar a durar largos periodos de tiempo si el incendio dispone de suficiente oxígeno y combustible. Como consecuencia, en este periodo la energía liberada en el recinto es muy grande y estará limitada normalmente a la disponibilidad de oxígeno (incendio controlado por oxidante), aunque puede, durante esta fase, pasar de incendio controlado por ventilación a controlado por combustible.

1.5.2.5. Decrecimiento

Conforme el fuego va consumiendo el combustible que hay en el espacio, empieza a descender la cantidad de flujo de calor liberado. Cuando el estado del incendio pasa a ser controlado por el combustible, la cantidad de fuego va descendiendo y va disminuyendo la temperatura del espacio cerrado hasta que se extingue.

1.5.3. Factores que afectan al desarrollo del incendio

Los factores que afectan al desarrollo del incendio en un espacio cerrado pueden clasificarse en aquellos relacionados propiamente con el compartimento y los vinculados al combustible, principalmente son:

- Tamaño y localización de la fuente de ignición
- Tipo, cantidad, posición, espaciado, orientación y área superficial expuesta al incendio de los combustibles presentes
- Geometría del espacio cerrado
- Distribución, número y tamaño de las aberturas
- Propiedades de los materiales del contorno del espacio

1.5.4. El humo

En la combustión de los materiales que provoca el incendio se producen diversos productos. Estos productos son humos, gases y residuos de partículas de combustible. Dependiendo del combustible que se esté quemando, se producirán una serie de desechos y partículas.

Como hemos indicado uno de los resultados de la combustión es el humo, este se define como un conjunto o masa de partículas líquidas y sólidas visibles en suspensión, y la mezcla de gases y vapores calientes que se produce durante el proceso de combustión, y la cantidad de aire visible mezclado de alguna manera en esa masa. Este se produce durante los procesos de combustión incompleta.

La producción de humo en un incendio depende del tipo y cantidad de elementos combustibles presentes dentro del edificio afectado. El humo puede ser menos o más denso, pero, en cualquier caso, contendrá partículas tóxicas que pueden dañar al cuerpo humano.

Los gases calientes y el humo generados en un incendio constituyen un factor de riesgo importante para las personas debido a que:

- Su movilidad y alta temperatura favorecen la propagación del fuego
- Al someter los elementos estructurales a altas temperaturas estos se ven afectados
- Inundan las salidas y rutas de escape por lo que dificultan el trabajo de extinción y control del incendio

La causa principal de la pérdida de vidas humanas al producirse un incendio son los humos derivados del incendio. Este humo, que se propaga a lo largo de la instalación y se emite a altas temperaturas conteniendo gases combustibles no quemados, se convierte en el principal medio por el cual se propaga el incendio extendiéndose al resto del espacio. Tanto el movimiento de los gases de la combustión como el humo depende de una serie de condiciones, como lo son los elementos de separación y constructivos, y los fenómenos propios del fuego como las diferencias de presiones y aumentos de temperatura.

El movimiento del humo en recintos cerrados generalmente se divide en dos zonas:

- **Zona caliente** (la capa superior de humo caliente): Áreas de la instalación donde la temperatura los gases de la combustión es lo bastante alta para que el humo tienda a ascender hacia el techo, mientras que el aire limpio desciende a la parte más baja del espacio. Esta zona es el que se encuentra a una temperatura más elevada. Por lo general, esto sucede en el espacio donde ocurre el incendio.
- **Zona fría** (la capa inferior de aire más frío): Área donde la corriente de conducción del fuego del edificio disminuye debido a la combinación del humo con otros elementos. El movimiento del humo en estas áreas está controlado principalmente por otras fuerzas, como corrientes de aire, aire acondicionado, extracción mecánica, sistemas de ventilación u otros que afecten al movimiento del aire.

Dependiendo del tamaño de la instalación y de la velocidad de cesión de calor del incendio, no hay una interfase perfectamente definida entre la capa superior de humo caliente y la capa inferior, y la capa de humo superior caliente no tiene temperatura uniforme. El uso de dos zonas uniformes permite aproximaciones razonables del desarrollo de un incendio en un espacio cerrado bajo muchas condiciones, ya que la diferencia de temperatura que existe entre las dos capas es muy superior a la diferencia que puede existir dentro de la misma capa.

Debido a la mayor temperatura y a la menor densidad el humo se propaga por efecto de la flotabilidad.

El humo es uno de los factores más importantes a tener en cuenta tanto por su influencia en la propagación del incendio como por su composición a base de gases a altas temperaturas y sustancias tóxicas. Por esto, es muy importante conocer y predecir el movimiento del humo en el interior del edificio.

El humo complica el control y extinción de incendios ya que dificultan el acceso a este, lo que aumenta el riesgo de daños materiales y los más importantes los personales.

Según Tecnofuego “Un 80% de las víctimas mortales de un incendio mueren asfixiadas por el humo y los gases de combustión. Un incendio, por pequeño que sea, genera rápidamente una importante cantidad de humo que invade el volumen en que se encuentra en muy poco tiempo. Las partículas de humo generan sustancias y ácidos muy peligrosos para la salud.”

3 SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)

El humo es un importante factor de riesgo que puede llegar a producir pérdidas de vidas en el caso en el que se produzca un incendio en cualquier ámbito. Por lo tanto, es muy importante diseñar un sistema que permita controlar los gases de la combustión y el humo producidos en el incendio, así como, sobre la temperatura de los mismos. A estos se les denomina Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH)

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 1.1

“En esencia, un SCTEH es una instalación que dispone de un conjunto de aireadores o equipos mecánicos de extracción (ventiladores) para la evacuación de humos y gases calientes de la combustión de un incendio, y de aberturas de admisión de aire limpio o ventiladores para la aportación de aire limpio, dimensionadas de manera que en los casos de incendios previsibles más desfavorables, se genere una capa libre de humos por encima del nivel del piso del incendio, a la par que se mantienen la temperatura media de la capa de humos dentro de unos niveles aceptables de modo que se mejoran las condiciones de seguridad en la evacuación y/o rescate de personas y animales y la protección de propiedades y enseres del edificio, así como de los elementos estructurales del mismo, permitiendo que el incendio sea combatido mientras todavía se encuentra en un estado semejante al de sus etapas iniciales”

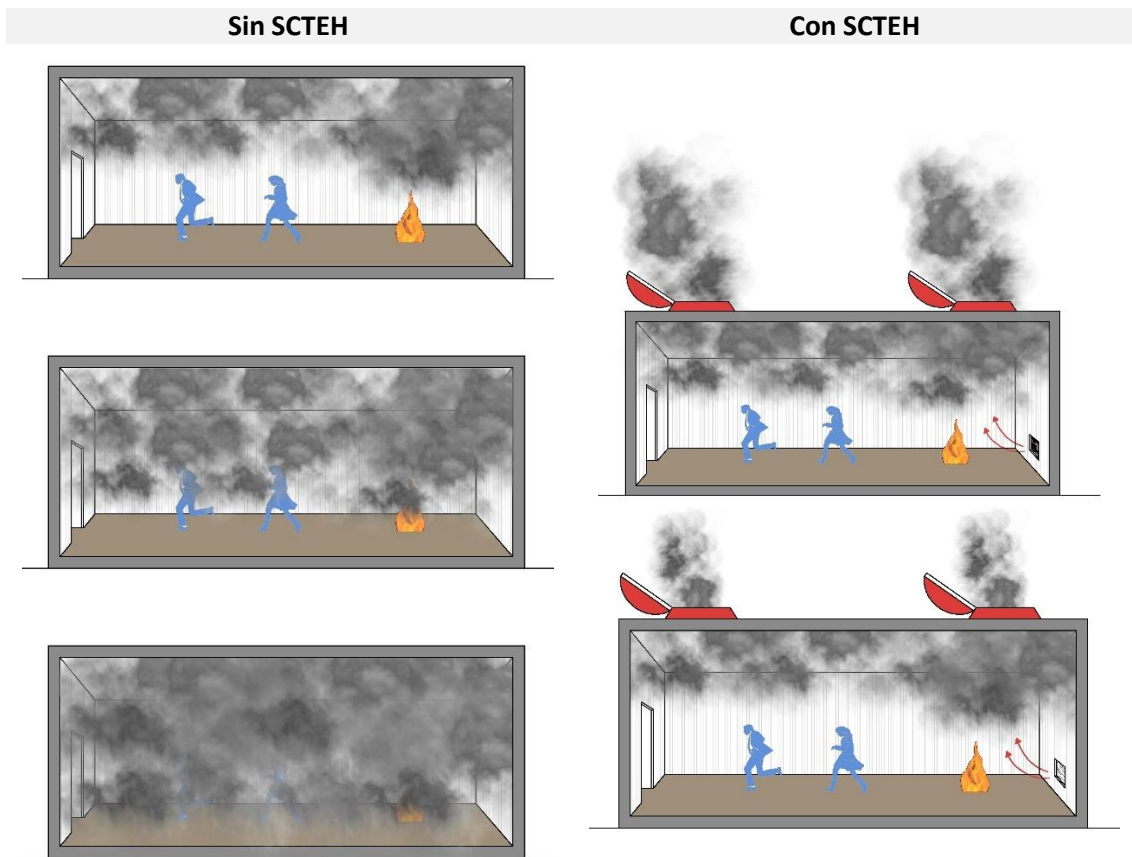
Estos sistemas se utilizan cada vez más para crear áreas libres de humo debajo de la capa flotante en instalaciones. Se ha demostrado su importancia en la ayuda de evacuación de humos, disminuyendo la temperatura en los techos, facilitando la lucha de extinción de incendios y retrasando la propagación y desarrollo del incendio.

Uno de los principios básico de un SCTEH es mantener la estabilidad de la capa de humos. El humo asciende hasta cochar con el techo y se propaga de forma plana hasta que se enfría y vuelve a caer. Lo que principalmente se quiere evitar es la caída.

Los objetivos que pretende un Sistema de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH) son los siguientes:

- El principal objetivo es asegurar la vida de los ocupantes, para ello es necesario mantener la instalación en unos determinados valores de temperatura y mantener la altura libre de humos necesarias en los recorridos de evacuación
- Mantener los medios de acceso y de evacuación libres de humos
- Facilitar las operaciones de extinción de incendios creando la capa libre de humos anteriormente mencionada
- Controlar la energía térmica de los humos y gases producidos por el incendio, disminuyendo el desarrollo total o excesivo del incendio y el riesgo de la combustión súbita generalizada (flashover)
- Minimizar el efecto térmico sobre los elementos que soportan la estructura de la instalación, así como otros elementos constructivos
- En un edificio sin SCTEH los humos se descontrolan impidiendo la evacuación de las personas, el humo inunda totalmente el edificio ocasionando incluso la muerte. Un edificio que protegido con un SCTEH los humos se controlan y se evacuan al exterior formando una capa libre de humos garantizando la evacuación del personal

A continuación, se muestra una ilustración comparativa entre un espacio sin SCTEH y otro con SCTEH, con el fin de observar la importancia que tienen estos.



Como se observa, en el caso de que el espacio no tuviese instalados los componentes de un SCTEH esta se llenaría de humo descontrolado impidiendo la evacuación de los ocupantes hasta que finalmente se termina inundando el espacio completamente de humos llegando a provocar la muerte de los ocupantes. En caso contrario, en el que el espacio disponga de estos elementos el humo se controlaría, siendo este circulado hasta el exterior de la habitación permitiendo y garantizando la evacuación de los ocupantes.

Este sería otro ejemplo de los efectos que provocaría el humo en el caso de que la instalación disponga de un SCTEH. Como podemos diferenciar al instalar estos sistemas el humo es controlado y dirigido al exterior permitiendo la protección de los bienes y propiedades, la evacuación de los ocupantes y la actuación de los servicios de extinción de incendios.

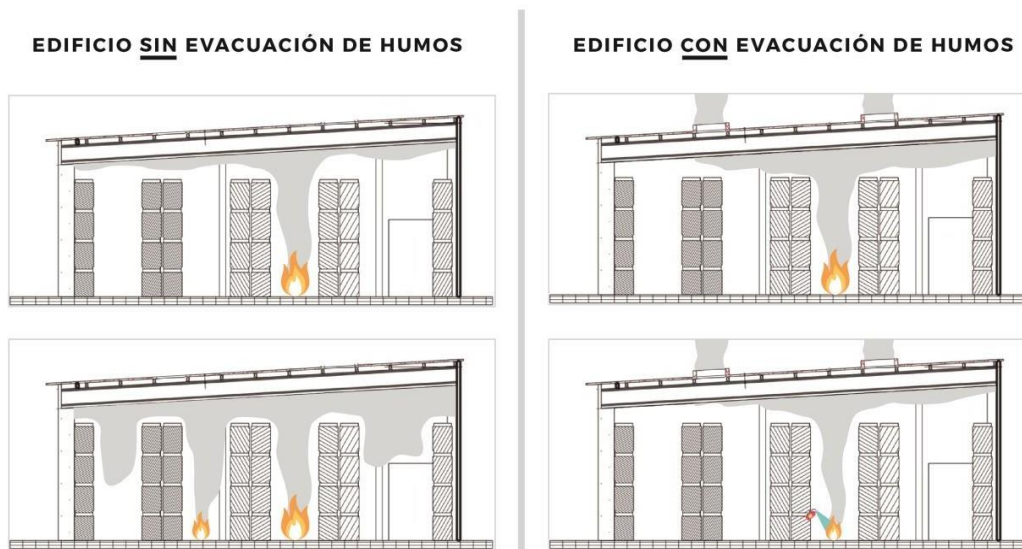


Ilustración 5. Comparación de instalación sin y con SCTEH

Un SCTEH no puede impedir el desarrollo de un incendio por sí mismo, pero si puede garantizar que un incendio en el espacio ventilado tenga un aporte continuado de oxígeno para conservar el sentido y la dirección del camino de los gases, asegurando la evacuación del humo.

Los SCTEH se diseñan de tal forma que se calculan una serie de aberturas tanto para la evacuación de humos y los gases producidos como para la entrada de aire de remplazamiento.

Estos sistemas limitan los efectos negativos de los gases tóxicos y los humos producidos en los incendios. Debido a que el humo se expulsa al exterior se forman áreas libres de gases de combustión para disminuir los efectos térmicos sobre la instalación, ayudar a la evacuación de personas y mejorar la visibilidad en la lucha contra el incendio.

4 NORMATIVA GENERAL Y ESPECÍFICA DE APLICACIÓN

4.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)

Es el marco normativo que establece las exigencias básicas que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Este se aplicará a los edificios privados y públicos cuyos proyectos requieran las correspondientes licencias de autorización legalmente exigibles, no incluye los edificios, establecimientos y áreas de uso industrial a los que les sea de aplicación el “Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”

Según establece el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB SI) del CTE, “se debe instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que esta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad en los casos siguientes:

- Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto;
- Establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas;

- Atrios, cuando su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio exceda de 500 personas, o bien cuando este previsto para ser utilizado para la evacuación de más de 500 personas.”

4.2. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos (RSCIEI)

El objeto de este reglamento es obtener un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en las instalaciones y establecimientos de uso industrial.

La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios, generadores de daños y pérdidas para las personas y los patrimonios, que afectan tanto a ellos como a su entorno.

Este reglamento es de obligado cumplimiento en industrias, almacenamientos industriales, talleres de reparación y estacionamientos de vehículos destinados al transporte de personas y mercancía y servicios auxiliares de los anteriores casos. También se aplicará a todos los almacenamientos de cualquier tipo de establecimiento cuando su carga de fuego total sea igual o superior a tres millones de Mega Julios (MJ).

Según establece el RSCEI en su apartado 7 “La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, con ellos, del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

Según el RSCIEI, dispondrán de SCTEH los sectores con actividades de:

- Producción
 - De riesgo intrínseco medio y superficie construida $\geq 2000 \text{ m}^2$
 - De riesgo intrínseco alto y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$
- Almacenamiento
 - De riesgo intrínseco medio y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$
 - De riesgo intrínseco alto y superficie construida $\geq 800 \text{ m}^2$

Para naves de menor superficie, se podrán aplicar los valores mínimos de la superficie aerodinámica de evacuación de humos:

- Sectores de incendio con actividades de producción, montaje, transformación, reparación y otras distintas al almacenamiento si:
 - Están situados en planta bajo rasante y su nivel de riesgo intrínseco es alto o medio, a razón de un mínimo de superficie aerodinámica de $0,5 \text{ m}^2/150 \text{ m}^2$ o fracción.
 - Están situados en cualquier planta sobre rasante y su nivel de riesgo intrínseco es alto o medio, a razón de un mínimo de superficie aerodinámica de $0,5 \text{ m}^2/200 \text{ m}^2$, o fracción.
- Los sectores de incendio con actividades de almacenamiento si:
 - Están situados en planta bajo rasante y su nivel de riesgo intrínseco es alto o medio, a razón de un mínimo de superficie aerodinámica de $0,5 \text{ m}^2/100 \text{ m}^2$, o fracción.
 - Están situados en cualquier planta sobre rasante y su nivel de riesgo intrínseco es alto o medio, a razón de un mínimo de superficie aerodinámica de $0,5 \text{ m}^2/150 \text{ m}^2$, o fracción.

La ventilación será natural a no ser que la ubicación del sector lo impida; en tal caso, podrá ser forzada.

Los huecos se dispondrán uniformemente repartidos en la parte alta del sector, ya sea en zonas altas de fachada o cubierta y deberán ser practicables de manera manual o automática.

Deberá disponerse, además, de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector, en la misma proporción de superficie requerida para la salida de humos, y se podrán computar los huecos de las puertas de acceso al sector.

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo con lo especificado en la norma UNE 23585. En casos debidamente justificados se podrá utilizar otra normativa internacional de reconocido prestigio.”

4.3. Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI)

Según este reglamento, los sistemas de control de calor y humos limitan los efectos del calor y de los humos en caso de incendio. Estos sistemas pueden extraer los gases calientes generados al inicio de un incendio y crear áreas libres de humo por debajo de capa de humo flotante, favoreciendo así las condiciones de evacuación y facilitando las labores de extinción.

Los sistemas de control de calor y humos pueden utilizar cuatro tipos de estrategias para el movimiento de los gases de combustión:

- Flotabilidad de los gases calientes (edificios de techo alto)
- Presurización diferencial (vías de evacuación)
- Ventilación horizontal (edificios de reducida esbeltez, como túneles o aparcamientos)
- Extracción de humos (en aparcamientos o tras la actuación de un sistema de supresión del incendio)

Los sistemas de ventilación basados en estrategias de **flotabilidad**, están compuestos por un conjunto de aberturas o equipos mecánicos de extracción para la evacuación de humos y gases calientes de la combustión de un incendio, por aberturas de admisión de aire limpio o ventiladores mecánicos de aportación de aire limpio y, en su caso, por barreras de control de humo, dimensionadas de manera que se genere una capa libre de humos por encima del nivel de piso del incendio y se mantenga la temperatura media de los humos dentro de unos niveles aceptables.

Los sistemas por **presión diferencial** son concebidos para limitar la propagación de humo de un espacio a otro, dentro de un edificio, a través de resquicios entre las barreras físicas, o por las puertas abiertas. Estos sistemas permiten mantener condiciones seguras para las personas y los servicios de extinción.

Los sistemas de **ventilación horizontal** son concebidos para limitar la propagación del humo desde un espacio a otro dentro de un edificio con esbeltez reducida.

Los sistemas de ventilación para **extracción de humos** son sistemas concebidos para extraer el humo generado durante el incendio. Su diseño se realiza según la capacidad de extracción, a partir de una ratio del volumen del edificio o a través de otros parámetros.

4.4. Norma UNE 23585:2017

Norma UNE 23585:2017 Seguridad contra incendios. Sistemas de control de humo y calor. Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos (SCTEH) en caso de incendio estacionario.

Esta norma está estructurada en 8 apartados y sus respectivos subapartados: introducción, objeto y campo de aplicación, normas para consulta, Términos, definiciones, símbolos y unidades, requisitos generales, procedimiento de cálculo requerido, requisitos de ejecución interacción con otros sistemas del edificio y finalmente la Bibliografía y además se compone de 12 anexos en los que se incluyen todas las especificaciones sobre los métodos de cálculo según la instalación en la que se desea instalar el SCTEH.

“Esta norma está basada en el Informe Técnico CEN/TR 12101-5:2005 con las aportaciones del Comité Técnico CTN-23 en aquellos puntos que precisan ampliación y las correcciones de la versión de la Norma UNE 23585:2004 que la práctica y experiencia han aconsejado. Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 23585:2004.”

“Esta norma no contempla otros métodos alternativos como programas de simulación computacional basados en modelos de campo y/o zona. En la práctica, está extendido el uso de estos programas de simulación, previo acuerdo de los requisitos funcionales y parámetros de diseño con el órgano competente materia de seguridad en caso de incendio, para el edificio en cuestión y/o, en su caso, con los responsables del Servicio Contra incendios”

“El objeto de esta norma es proporcionar a los responsables del diseño de un edificio, un método apropiado de análisis y cálculo para determinar las necesidades y requisitos de uno o varios Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH) para dicho edificio y fuegos de diseño estacionario, a fin de ejercer el oportuno control sobre los humos y gases de la combustión generados en los casos más desfavorables de los incendios previsibles, así como sobre la temperatura de los mismos, para alcanzar parcial o totalmente los siguientes objetivos:

- Mantener los recorridos de acceso y de evacuación libres de humos, bien porque se reduce o se impide la penetración de los humos en los mismos, o bien porque se genera en determinadas zonas del recorrido una capa libre de humos, al mantener los humos por encima de una determinada cota segura;
- Facilitar las operaciones de lucha contra el incendio al generarse en el recinto del mismo la capa de libre de humos antes mencionada;
- Controlar la potencia térmica de los humos, reduciendo el riesgo de la combustión súbita generalizada (flashover) y el desarrollo total del incendio;
- Reducir la acción térmica sobre los elementos de la estructura portante del edificio, así como sobre otros componentes de la construcción (vidrios, puertas, etc.);
- Proteger los equipamientos y mobiliarios, enseres y accesorios;
- Reducir los daños causados por los gases calientes y por la descomposición térmica de los productos.

El objeto de esta norma es definir los requisitos de un SCTEH en cuanto a su diseño y dimensión en base al/los objetivo(s) a alcanzar que se incluyen a continuación:

- Protección de los medios de evacuación (seguridad de las vidas)

Un enfoque utilizado corrientemente para proteger los medios de evacuación es alcanzar una altura libre de humos deseada, por debajo de la capa de humos. El

propósito del SCTEH es permitir el uso continuado de los recorridos de evacuación que están en el mismo espacio que el incendio. La flotabilidad térmica del humo forma una capa debajo del techo. El humo extraído se calcula en cantidad suficiente para mantener el humo a una altura segura por encima de las cabezas de la gente que utiliza los recorridos de evacuación.

- Control de la temperatura de los gases

Cuando la altura de aire limpio por debajo de la capa de humo técnicamente flotante no es parámetro de diseño crítico es posible utilizar el mismo procedimiento de cálculo que en el apartado 1.1.1 para fines diferentes. La extracción de humos puede diseñarse para alcanzar un valor determinado de la temperatura de los gases en la mencionada capa flotante esto permite el uso de materiales que de otro modo resultaría dañados por los gases calientes.

- Ayuda a las operaciones de lucha contra incendios

La presencia de calor y de humos pueden entorpecer y retrasar seriamente los esfuerzos de los bomberos para efectuar rescates y llevar a cabo las operaciones de lucha contra incendios. Las previsiones de los sistemas de evacuación de calor y humo al requeridas para proteger los medios de evacuación o las propiedades ayudan también en la lucha contra incendio. Es posible diseñar un ese SCTEH similar a los del apartado 1.1.1 para proporcionar a los bomberos una región de aire limpio debajo de la capa flotante de humos y permitir que encuentren el incendio y luchan con el más fácil y rápidamente.

- Protección de las propiedades

Los SCTEH no pueden por sí mismos impedir el gran desarrollo de un incendio, pero sí pueden garantizar que un incendio en el espacio ventilado tengo un aporte continuo de oxígeno para mantener la dirección y sentido del recorrido de los gases que asegure la evacuación de los humos. Esto significa que los SCTEH pueden proteger las propiedades especialmente porque permiten que la intervención activa del servicio de incendio sea más rápida y eficaz.

- Despresurización

Cuando una capa de humos es muy profunda y las plantas adyacentes a la capa están conectadas con ella por pequeñas aberturas es posible impedir el paso del humo a través de ellas, reduciendo la presión de los gases en la capa de este planteamiento se conoce con el nombre de “despresurización” y en la forma descrita se utiliza principalmente para edificios con atrio. El fin primordial de la técnica es impedir la entrada de humo dentro de los espacios adyacentes al atrio y no proporcionar protección al propio atrio.”

5 COMPONENTES DE UN SCTEH

Una vez definido lo que es un SCTEH y para que se emplea, vemos cuales son los principales elementos que lo componen, estos son los siguientes:

- Aireadores naturales (exutorios)
- Aireadores mecánicos (ventiladores)
- Sistemas de admisión de aire (aire de reemplazamiento)
- Barreras de humos

5.1. Exutorio o aireador natural

Es un sistema de ventilación natural, es decir, la ventilación es originada por la flotabilidad generada por la diferencia de densidad de los gases debido a las diferencias de temperatura.

Son dispositivos que permiten el movimiento de gases hacia dentro o fuera de una instalación de manera natural por diferencia de presiones o por convección. Asimismo, este dispositivo se podrá emplear para permitir la entrada de aire limpio de renovación necesario en todo sistema de control de humos. Estos dispositivos, facilitan la evacuación de los humos producidos en el incendio mediante su apertura a través de un accionamiento manual o mediante una señal automática que generará el sistema de detección de incendios. Los exutorios también actúan sobre el aumento de la temperatura, manteniéndola dentro de unos valores óptimos impidiendo la propagación del incendio y facilitando las tareas de evacuación y extinción del fuego.

Los exutorios se pueden clasificar en tres grupos según sus características:

- Exutorios tipo lamas o rejillas (LAM)
- Exutorios tipo claraboya o lucernario
- Exutorios de doble compuerta (DVP)

5.1.1. Exutorio tipo lamas o rejillas (LAM)

Estos están formados por lamas o rejillas, habitualmente se suelen instalar en fachadas, pero también se pueden instalar en la fachada o inclinaciones superiores, no son adecuados para las cubiertas. Se emplean también para aportar aire natural al interior, pero no luz. Requieren menos presión de aire, se indican para casos de ventilación cotidiana. Son accionados mediante un sistema automático de cierre y apertura generalmente a través de línea neumática.



Ilustración 6. Exutorio de lamas o rejillas

5.1.2. Exutorio tipo claraboya o lucernario

Estos dispositivos además de ofrecer un óptimo y eficaz sistema de evacuación natural de humos por flotabilidad también aportan luz natural hacia interior de los edificios y ayudan a mejorar la eficiencia energética. Integran un sistema de cierre y apertura automático de tipo neumático o eléctrico. Son exutorios de compuerta simple. Se instalan en cubiertas.

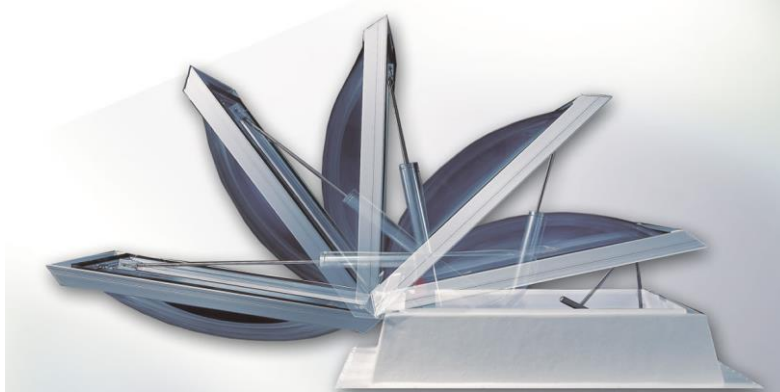


Ilustración 7. Exutorio de claraboya o lucernario

5.1.3. Exutorio de doble compuerta (DVP)

Estos poseen una alta capacidad de evacuación de humo y proporcionan luz natural al interior de las instalaciones. También integran un sistema de cierre y apertura automático de tipo neumático o eléctrico. Se suelen instalar en cubiertas o fachadas. Son ideales para la evacuación de grandes cantidades de humo.



Ilustración 8. Exutorio de doble compuerta

5.2. Ventiladores o aireadores mecánicos

Son sistemas de ventilación mecánica o forzada, es decir, la ventilación es causada por el desplazamiento a presión positiva de los gases.

Son dispositivos concebidos para crear una corriente de aire forzada con el fin de mover el aire entre dos espacios, crear un flujo forzado en un conducto, o bien remover el aire en una misma estancia, por medio de un mecanismo giratorio accionado mediante un motor



Ilustración 9. Ventilador mecánico

Utilización combinada de aireadores naturales y mecánicos

Según establece la norma UNE 23585:2017 en el apartado 4.3 “En una misma zona o depósito de humo no pueden usarse simultáneamente extractores naturales y mecánicos de humos, ni tampoco hacer entrar el aire de reemplazamiento con el uso simultáneo de aireadores naturales y mecánicos.

El SCTEH debe usar reemplazamiento de aire natural o mecánico y la extracción de humos podrá ser natural o mecánica.

En todos los casos, el proyectista debe cuidar que la entrada de aire de reemplazamiento y su recorrido, provoquen las mínimas turbulencias posibles en el depósito de humo, a fin de evitar que en el mismo no se introduzca aire fresco diluyéndolo y enfriándolo.”

5.3. Sistemas de admisión de aire (aire de reemplazamiento)

Se trata de elementos que permiten la entrada de aire limpio en el edificio u obra de ingeniería para reemplazar los gases y humos que están siendo extraídos por el SCTEH.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.8.1

“Cualquier sistema de ventilación de humos y calor debe estar provisto de apoyo suficiente de entrada de aire frío al edificio, reemplazando la cantidad de gases calientes de los humos extraída.

Esto puede conseguirse mediante:

- Aberturas de admisión permanentemente abiertas (rejillas).
- Aberturas de admisión que se abren automáticamente (por ejemplo, ventanas, puertas, propuestas previstas de aireadores de admisión).
- Aireadores naturales de extracción de humos y calor en depósitos de humos adyacentes como mínimo en uno de los lados.”

Dichos elementos pueden ser elementos instalados en los establecimientos destinados específicamente a permitir la entrada del aire exterior o dispositivos ya existentes en la estructura como podrían ser puertas o ventanas, aunque, en general, cualquier sistema que permita la entrada de aire frío puede ser utilizado.

5.4. Barreras de humos

Las cortinas de humos son, según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 3.1.23 “Barreras para restringir la extensión del humo y los gases calientes desde el incendio, que forman parte de la frontera de un depósito de humos o se utilizan como pantallas de canalización o como pantallas de borde de un vacío.”

Estas, según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.9.1 “pueden ser fijas o móviles. La mayoría de las cortinas móviles están diseñadas para desplegarse verticalmente hacia abajo a la recepción de una señal apropiada, son generalmente más conocidas como cortinas descendentes. Estas pueden subdividirse más ampliamente en cortinas guiadas (cuando la cortina o su barra inferior se mueve entre canales verticales) o cortinas colgantes-libres, las cuales están muy difundidas, pero están sujetas a deflexión o desplazamiento de los costados por la presión flotante desarrollada en una capa caliente de humos.”



Ilustración 10. Barreras de humos

Las funciones de las barreras de humos:

- Formar un depósito de humos que restrinja y contenga el movimiento del humo, evitando la extensión del incendio a los espacios adyacentes donde se está desarrollando.
- Dirigir el humo en una dirección estudiada, ayudando a llevar el humo hacia los exutorios, garantizando la evacuación de humos y controlando la temperatura de los gases del incendio.
- Retrasar o evitar la entrada de humos a otra zona.

La necesidad de instalar o no de estos sistemas dependerá del tamaño del depósito de humos.

La función de contención de los gases calientes y los humos es muy importante para conseguir la máxima seguridad para las personas que se encuentren en la instalación, pues se ha comprobado que la evacuación bajo una gran cantidad de humo puede provocar pánico. Debido a la existencia de cortinas de humo, este se concentra en una zona del establecimiento dejando la mayor parte de este libre de humos. Generalmente las barreras de humo se mantienen a una altura superior que la de los ocupantes del edificio para no interferir durante la fase de evacuación.



Ilustración 11. Ejemplo actuación barreras de humos

6 MEDIOS DE ACTIVACIÓN DEL DEL SCTEH

Los medios de activación de un SCTEH se deben definir en función de del objetivo del sistema que queremos instalar (proteger los medios de evacuación, proteger los bienes y propiedades...)

En el caso en el que el objetivo del sistema sea la proteger los medios de evacuación (seguridad de vidas), el Sistema de Control de Temperatura y Evacuación de Humos deberá activarse mediante sistemas de detección de incendio (siguiendo una las normas UNE-EN 54). La activación de los diferentes componentes del sistema debe asegurarse que será automática que adicionalmente poseerá también control manual, este siempre prevalecerá sobre cualquier otro sistema.

Si el objetivo del SCTEH es proteger los bienes y propiedades deberá disponerse de un sistema de extinción mediante rociadores (de acuerdo con las normas UNE-EN 12259 y la norma UNE-EN 12845). En el caso en el que la instalación no posea de un sistema de extinción de incendios automático por rociadores se tratará como en caso anterior (como si el objetivo fuese proteger los medios de evacuación).

En el caso de que la activación del sistema sea automática tiene que existir además la posibilidad de activar o desactivarlo por control manual y este siempre predominará sobre la activación automática. El control manual debe asegurarse que solo pueda ser ejecutado por personas autorizadas que sepan manejarlos.

Es preferible que el control manual sea accesible desde un espacio protegido fuera del sector de incendio o desde fuera del edificio. Este debe estar correctamente señalizado de manera que los servicios de protección contra incendios puedan localizarlo fácilmente. Se debe disponer el plano o sinóptico en el que figuren los depósitos de humos ejecutados.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 4.4 “La secuencia de activación de los mecanismos que componen un SCTEH simple no debe afectar adversamente al éxito de funcionamiento de cualquiera de sus dispositivos. Por ejemplo, los ventiladores de extracción no deben funcionar antes de la entrada de alimentación de aire, si la reducción de presión

producida por estos ventiladores de extracción no proporciona la apertura de esas entradas de aire.

Cuando la iniciación es automática, el SCTEH completo debe alcanzar todas sus funciones proyectadas en un máximo de 60 segundos desde la recepción de una señal de comando”

7 DISEÑO DE UN SCTEH SEGÚN LA NORMA UNE EN 23585:2017

Lo primero que se debe establecer a la hora de calcular un SCTEH es definir claramente el objetivo para el cual se diseña. El proyectista por lo tanto debe indicar si el SCTEH se va a emplear para:

- Proteger de las vías de evacuación/escape (asegurar vidas)
- Controlar la temperatura de los gases calientes del humo
- Proteger de los bienes y propiedades

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.2.1, “Para proyectos que pretenden proteger el uso de las vías de evacuación abiertas al espacio que contiene el incendio, es necesario prever una altura suficiente de aire limpio debajo de la capa de humos (Y). Para diseños destinados al control de temperatura es necesario establecer la temperatura apropiada de la capa de humos. Los diseños que pretenden proteger las propiedades pueden considerar como adecuados cualquiera de los dos procedimientos.”

7.1. Modelo de incendio de diseño

Una vez que se ha definido el objetivo para el cual se diseña el SCTEH, se debe seleccionar el modelo de incendio de diseño en función del uso o aplicación de la instalación que se va a estudiar.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.1.1 “El desarrollo de un incendio depende de muchos factores, incluyendo:

- la naturaleza de los materiales presentes;
- la cantidad de materiales presentes;
- las posiciones de los materiales en relación con otros (por ejemplo, sillas amontonadas, sillas fuera de uso);
- las posiciones de los materiales en relación con las paredes, techos, etc.;
- La disponibilidad de oxígeno (a pesar de que el oxígeno está siempre libremente disponible cuando está funcionando un SCTEH);
- la presencia y eficacia de los sistemas de extinción automática de incendio (por ejemplo, rociadores);
- si el combustible está resguardado de la acción del agua pulverizada de los rociadores.”

Para predecir el progreso del incendio es necesario, según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.1.1 “averiguar el valor del calor despedido por el combustible ardiendo. Sin embargo, dado que virtualmente todos los incendios son una combinación de numerosos materiales diferentes (más que por un elemento individual), el valor del calor liberado viene a ser, por necesidad, un valor promedio. Incluso cuando la evaluación es poco científica, es esencial hacer una valoración de los parámetros clave del incendio (tamaño del incendio y valor del calor liberado) para el proyecto.”

Pero como en todos los incendios se ponen en juego una combinación de numerosos materiales distintos, el valor del flujo de calor liberado es un valor medio. Incluso si la evacuación no es muy científica, es de gran importancia valorar los parámetros clave del incendio como lo son el valor del calor liberado y el tamaño del incendio

En el diseño para el incendio se deben identificar las diferentes situaciones posibles de incendios en el espacio donde van a ser instalados los SCTEH. Los escenarios de incendios vienen tipificados en las Tablas 1.1 a 1.4 de la norma UNE 23585 en las que se muestran los modelos de incendio como base para el diseño en función del uso del edificio, incluyendo para cada uno los valores de área y perímetro del incendio, flujo de calor liberado, y en caso necesario la altura crítica de almacenaje o apilamiento de productos, todo ello en función de la existencia o no de sistemas de extinción mediante rociadores automáticos.

7.2. Flujo de calor liberado

La tasa de calor liberado se define, según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 3.1.69., como “la energía calorífica liberada por unidad de tiempo por un material, producto o estiba de combustibles durante la combustión bajo condiciones especificadas.”

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.1.2 “Los conjuntos de combustibles, en la inmensa mayoría de los incendios, no constan de un material solamente, sino de una gran variedad de materiales diferentes, con distintos valores de combustión y emisión de calor.”

Para los propósitos de diseño, el proyectista debe usar los valores de flujo de calor liberado especificados en las tablas de los modelos de incendio de diseño (Tablas de la 1.1 a 1.4) completando los cálculos apropiados para los valores alto y bajo de emisión de calor para las condiciones sin o con rociadores. El uso de estos dos valores es necesario para determinar el peor de los casos posible para la gran variedad de combustibles que están involucrados en el incendio. Una vez considerados los dos, se empleará el peor caso y será la base del diseño del SCTEH.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.1.2 “Se debe tomar el valor inferior de calor liberado ($q_{f(bajo)}$) para el cálculo de la superficie aerodinámica de descarga (A_v) y para comprobar que la temperatura de la capa de humos no es menor que 20 °C por encima de la temperatura del ambiente.

El valor superior de calor liberado ($q_{f(alto)}$) se debe tomar a fin de comprobar el valor más peligroso previsible de la temperatura de la capa de humos con el fin de que el calculista estructural disponga su protección térmica estructural necesaria.”

7.3. Flujo de calor convectivo (Q_f)

Una vez que obtenemos la potencia calorífica del incendio (q_f) y el área del incendio (A_f) calculamos el flujo de calor convectivo, que se define como la energía calorífica transportada por los gases por unidad de tiempo a través de una frontera o límite especificado.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.2.2 “el calor convectivo (Q_f) transportado por los gases de los humos que penetran en el depósito de humos se debe tomar como 0,8 veces el calor emitido ($q_f \cdot A_f$) predeterminado para el modelo de incendio de diseño,

a menos que el proyectista pueda demostrar hechos o razones que aconsejen el uso de un valor diferente.”

$$Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f$$

7.4. Altura libre de humos

La altura libre de humos (Y) se define como, la altura desde la base del incendio (normalmente suelo) a la base de la capa de humos.

Requisitos que considerar en el diseño/respecto la altura libre de humos, según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.2.2

“No se debe proyectar un SCTEH con una altura desde el suelo a la base de la capa de humos menor que un décimo (1/10) de la altura de suelo a techo

No se debe proyectar un SCTEH con una altura desde la base del incendio a la base de la capa de humos más de nueve décimos (9/10) de la altura desde la base del incendio al techo

Para diseños en los que se pretende asegurar las vidas, para los que se requiere una altura libre entre el camino de evacuación y la base de la capa de humos, para el valor mínimo de esta altura (Y) se deben adoptar los valores que se exponen en la Tabla 2

Cuando la temperatura predeterminada para la capa de humos es menor que 50°C por encima de la temperatura ambiente, se deben añadir 0,5 m a cada valor mínimo de Y obtenido en la Tabla 2”

Tabla 2 - Mínima altura limpia por encima de los recorridos de evacuación

Tipo de edificio	Altura mínima (Y) m
Edificios pública concurrencia	2,5
Edificios de uso industrial	2,5
Aparcamientos de coches	2,5 o 0,8.H (Cualquiera que sea menor)

Tabla 1.Tabla 2 según establece la norma UNE EN 23585:2017

La altura de ascenso hasta la base de la capa de humos en el depósito de humos debe tener previstos al menos 0,5 m de la altura limpia de humos por encima de la parte superior de los géneros almacenados, excepto para los silos en cuyo caso la altura libre de humos es la especificada en la Tabla 1.4”

El proyectista debe tener en cuenta los requisitos anteriores y el modelo de incendio de diseño seleccionado para obtener el valor del gasto másico (masa circulante) de gases de humos que entra en el depósito de humos.

7.5. Masa circulante

La masa circulante se define, según la norma UNE 23585:2017 en su apartado 3.1.41. “la masa total de gases que cruza una frontera o límite especificado por unidad de tiempo.”

Una vez obtenido tanto el área como el perímetro del incendio, así como el calor liberado, tenemos que calcular la masa circulante de los gases de la capa de humos, para ello habrá que especificar cuál es el objetivo del SCTEH, si es la protección de las vías de evacuación (asegurar vidas) basándose en la altura libre de humos en el que habrá que calcular el caudal de aire que

penetra dentro del penacho de humoso si el objetivo es el control de la temperaturas, en el que habrá que calcular la altura libre de humos (Y) y la masa circulante que entra en la capa flotante.

También tendremos que distinguir si se trata de penacho por encima de grandes incendios o por encima de pequeños incendios. Se considera que se trata de penacho por encima de grandes incendios aquellos donde la altura libre de humos es menor o igual a 10 por el área de incendio elevado a un medio ($Y \leq 10[A_f]^{0,5}$)

Además de esta distinción, será necesario especificar si se trata de un recinto de gran espacio, estos son estadio, auditorios, suelos de atrios, oficinas de gran planta abierta, etc., en los que el techo está muy por encima del incendio o pequeño espacio tales como oficinas celulares, unidades de tienda, habitaciones de hotel, etc.

7.6 Depósito de humos

El depósito de humos se define como, según la norma UNE 23585:2017 en su apartado 3.1.25 “la zona dentro de un edificio u obra de ingeniería limitada o bordeada por cortinas de humo o por elementos estructurales de modo que retienen una capa de humos térmicamente flotante en el caso de un incendio”

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.6.1 “El depósito no debe ser demasiado grande como para que la pérdida de flotabilidad debida al enfriamiento de lugar a una filtración gradual de humos hacia abajo desde la capa flotante, dentro del aire interior, impidiendo la visibilidad y disminuyendo la eficacia de los aireadores de extracción de humos ni demasiado largo, por el efecto psicológico negativo sobre las personas que se mueven a través del aire limpio debajo del humo”

Requisitos que ha de cumplir el depósito de humos según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.6.2

- “La superficie máxima de cualquier depósito de humos debe ser de 2000 m² si se han adoptado aireadores naturales de extracción de humos o, 2600 m² si se adoptan aireadores mecánicos de extracción de humos.
- La longitud máxima de cualquier depósito de humos a lo largo de su eje mayor debe ser de 60 m”

7.7. Profundidad de la capa flotante de humos en un depósito de humos

Se obtiene a partir de:

$$d_1 = h_c - Y$$

Donde:

h_c altura bajo techo, se refiera a la altura desde los puntos de extracción hasta el nivel más bajo del suelo, para este valor se considerará la altura media del edificio;

Y altura libre de humos.

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.6.1 “La capa flotante no se debe diseñar, por razones físicas, menos profunda que el posible chorro de techo que se forme bajo la cubierta, ni tan profunda que sea posible que se desestabilice y caiga hacia el espacio del

suelo. Debe ser lo bastante profunda para que los gases de los humos fluyan desde donde el penacho de humos penetra en la capa flotante, hacia los aireadores de extracción.

Se debe confirmar mediante cálculo, que la profundidad de la capa flotante en el depósito de humos es lo bastante grande para que los gases de los humos fluyan desde su situación de entrada en la capa hacia los aireadores de extracción.”

Según establece la norma UNE 23585:2017 en el Anexo E “El humo que entra en el depósito del techo, fluye desde el punto de entrada hacia las aberturas de los ventiladores. Este flujo es conducido por la flotación de los humos. Incluso si hay una superficie de aireación muy grande es la corriente inferior, esta capa que fluye tendrá aún una profundidad en relación con la anchura de la zona peatonal, la temperatura de los humos y el valor de la masa circulante en los mismos.

Esta profundidad puede calcularse como sigue:

$$d_1 = \left[\frac{M_1 \cdot T_1}{\gamma \cdot \theta_1^{0,5} W_1} \right]^{2/3}$$

d_1 profundidad de la capa de humos que fluye (m)

T_1 temperatura absoluta de la capa de humos (K)

θ_1 aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (°C)

W_1 anchura del depósito de humos, medida en ángulo recto con la dirección del flujo de humos (m)

γ factor de cuelgue, 36 si está presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo; factor de cuelgue, 78 si no está presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo

M_1 valor de la masa circulante de los gases de los humos (kg/s)

La profundidad de la capa de humos, además de ser superior a la mínima, de cumplir estos requisitos según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.6.2

“La capa flotante en el depósito de humos no se debe proyectar menor que un décimo (1/10) de la altura de suelo a techo.

La capa flotante en el depósito de humos no se debe diseñar más profunda que nueve décimos (9/10) de la altura de suelo a techo”

7.8. Temperatura de la capa de humos

Después de obtener el valor de la masa de gases de humos circulante que entra en el depósito de humos, se debe determinar la temperatura de la capa de humos.

La temperatura de la capa de humos se calcula a partir de la temperatura media de los gases del depósito de humos por encima de la temperatura ambiente (θ_1), esta puede determinarse como sigue:

$$\theta_1 = \frac{Q_f}{c \cdot M_1}$$

y la temperatura de la capa de humos sería $T_1 = \theta_1 + T_{amb}$

En el caso de que la instalación no disponga de rociadores puede tomarse este valor para todo el depósito

Cuando hay presentes rociadores, el efecto de enfriamiento puede tenerse en cuenta de la siguiente forma según establece la norma UNE 23585:2017 en su anexo E1

“Para sistemas de ventilación natural, si la temperatura de funcionamiento de los rociadores está por encima de los 140°C o, por encima de la temperatura calculada de la capa de humos (sin rociadores), el enfriamiento causado por los rociadores puede ignorarse. Para cualquier otra circunstancia, la temperatura debe ser igual a la temperatura de funcionamiento de los rociadores.

Para sistemas de extracción mecánica, el efecto de enfriamiento de los rociadores puede ignorarse en la determinación del valor del volumen de extracción requerido ya que el error que se produce está de lado de la seguridad. Alternativamente, este mayor enfriamiento, y la contracción consecuente de los gases de los humos puede estimar aproximadamente sobre la base de un valor promedio entre la temperatura de funcionamiento de los rociadores y la temperatura de los humos calculada inicialmente mediante la siguiente expresión:

$$T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)] + [\theta_1 + T_0] \cdot A_r}{A}$$

A área del depósito de humos

A_r área de operación de los rociadores según la Norma UNE-EN 12845

T temperatura promedio absoluta de la capa de humos

θ_1 aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente

T_r Temperatura de activación de los rociadores”

7.9. Superficie aerodinámica libre

La superficie aerodinámica libre es el producto del coeficiente de descarga multiplicado por la superficie geométrica, donde la superficie geométrica (A_v) es la superficie de la abertura a través de un aireador, medida en el plano definido por la superficie del edificio u obra de ingeniería construida, donde ésta entra en contacto con la estructura del aireador y el coeficiente de descarga (eficiencia aerodinámica) la tasa del valor real del flujo, medido bajo condiciones especificadas para el valor del flujo teórico que atraviesa el aireador (C_v)

La superficie aerodinámica total libre de aireadores necesaria se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1 \cdot T_1}{\left[2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} - \frac{M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

$A_{v\ tot}$ superficie geométrica total libre de todos los aireadores de extracción de humos en un depósito de humos (m).

C_v coeficiente de descarga de una abertura de entrada de aire de alimentación;

M_1 masa circulante de gases de humo que entra en la capa flotante del depósito de humos ($kg \cdot s^{-1}$);

T_1 promedio de temperatura absoluta en la capa flotante de humos (K);

ρ_{amb} densidad del aire a temperatura ambiente ($kg \cdot m^{-3}$);

g aceleración de la gravedad ($km \cdot s^{-2}$);

d_1 profundidad de la capa flotante de humos en un depósito de humos, medida desde el techo hasta la base visible de la capa de humos (m);

θ_1 temperatura media de los gases del depósito de humos por encima de la del ambiente ($^{\circ}C$);

T_{amb} temperatura ambiente absoluta (K);

A_i superficie geométrica total libre de todas las entradas de aire (m^2);

C_i coeficiente de descarga (es decir coeficiente de funcionamiento) de una abertura de entrada de aire de alimentación;

En el caso en el que los aireadores están situados a diferentes alturas por encima de la base de la capa, se utiliza un procedimiento distinto. Si $A_i \cdot C_i$ es grande comparado con la superficie de ventilación, se aplica la siguiente ecuación para cada aireador:

$$M_n = \frac{\rho_{amb} \cdot A_{vn} \cdot C_{vn} \cdot [2 \cdot g \cdot d_n \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}]^{0,5}}{T_1}$$

M_n valor de la masa que circula a través del n -ésimo aireador en $kg \cdot s^{-1}$

$A_{vn} \cdot C_{vn}$ superficie aerodinámica de n -ésimo aireador en m^2

d_n profundidad de la capa debajo del centro de la n -ésima área libre del aireador en m

Si $A_i \cdot C_i$ no es mucho mayor que el total $A_{v\ tot} \cdot C_v$ es necesario llevar a cabo un cálculo más detallado de la malla de flujos.

Para calcular el valor de la superficie aerodinámica total libre operamos sobre la ecuación para que quede más sencilla, obteniendo:

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1 \cdot T_1}{\left[2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} - \frac{M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

A continuación, se realiza la demostración/ pasos para obtener la expresión anterior:

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1 \cdot T_1}{\left[\frac{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot [A_i \cdot C_i]^2 - M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

Elevamos al cuadrado ambos términos

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 = \left(\frac{M_1 \cdot T_1}{\left[\frac{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot [A_i \cdot C_i]^2 - M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0.5}} \right)^2$$

Operando:

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 = \frac{M_1^2 \cdot T_1^2 \cdot [A_i \cdot C_i]^2}{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot [A_i \cdot C_i]^2 - M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}$$

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 \cdot [2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot [A_i \cdot C_i]^2 - M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}] = M_1^2 \cdot T_1^2 \cdot [A_i \cdot C_i]^2$$

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 \cdot 2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot [A_i \cdot C_i]^2 - (A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 \cdot M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb} = M_1^2 \cdot T_1^2 \cdot [A_i \cdot C_i]^2$$

Dividiendo por $[A_i \cdot C_i]^2$ en cada parte de la igualdad:

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 \cdot 2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} - \frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb} = M_1^2 \cdot T_1^2$$

Ordenando los datos:

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 \cdot 2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} = \frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb} + M_1^2 \cdot T_1^2$$

Despejamos $(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2$

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 = \frac{\frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb} + M_1^2 \cdot T_1^2}{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}}$$

Reorganizando

$$(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2 = \frac{M_1^2 \cdot \left(\frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2 \right)}{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}}$$

Elevamos ambos términos a $\frac{1}{2}$

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \left(\frac{M_1^2 \cdot \left(\frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2 \right)}{2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}} \right)^{1/2}$$

Obtenemos finalmente:

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1}{\rho_{amb}} \cdot \left(\frac{\left(\frac{(A_{v\ tot} \cdot C_v)^2}{[A_i \cdot C_i]^2} \cdot T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2 \right)}{2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}} \right)^{1/2}$$

En esta ecuación aparece relacionada la superficie de salida de humos con la superficie de entrada de aire. Sin embargo, procederemos de forma general considerando que ambas superficies son iguales, considerando una relación de 1

Relación superficie evacuación/superficie de entrada de aire

$$\frac{A_{v \text{ tot}} \cdot C_v}{A_i \cdot C_i} = 1$$

$$A_{v \text{ tot}} \cdot C_v = \frac{M_1}{\rho_{amb}} \cdot \left(\frac{T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2}{2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}} \right)^{1/2}$$

7.10. Efecto “plugholing”, “efecto vórtice” o “efecto desagüe”

Al realizar el cálculo del número de exutorios o equipos de extracción forzada, es importante verificar el parámetro del número mínimo de puntos de extracción de humo. Este valor es importante ya que, cuando el espesor de la capa de humo bajo un exutorio es igual o inferior a un determinado valor, una velocidad de extracción demasiado elevada a través de la abertura puede provocar la extracción de aire procedente de la capa fría existente por debajo de la capa de humos.

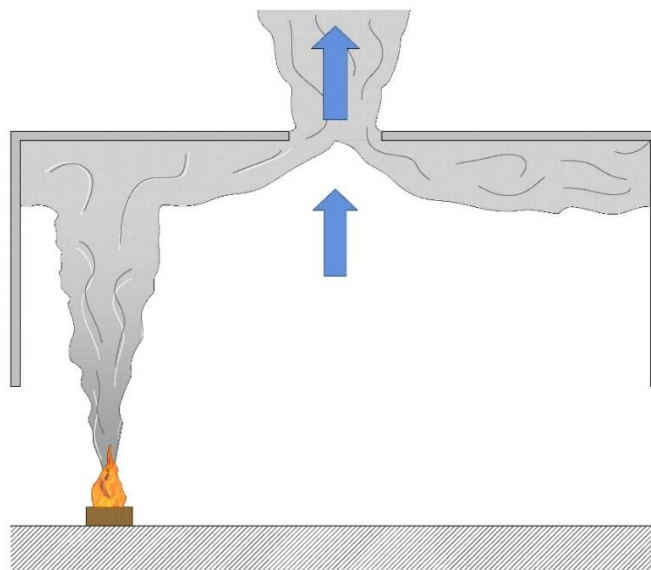


Ilustración 12. Efecto vórtice o desagüe

Cualquier otro intento de aumentar el valor de extracción de ese punto, solo puede servir para succionar aire a través del orificio desde debajo de la capa de humos. Este efecto es conocido a veces como “plugholing”, “efecto vórtice” o “efecto desagüe”. Esto implica que, para que la extracción sea eficiente, se seleccionará el número de puntos de extracción para evitar que el aire sea succionado hacia arriba.

En la siguiente figura podemos observar un exutorio en el que no se produce el efecto vórtice y otro en el que sí, a la izquierda se puede ver un exutorio en el que se está evacuando el humo sin que se produzca este efecto, solo evacua humo, sin embargo, a la derecha vemos como además del humo también sale el aire “limpio”.

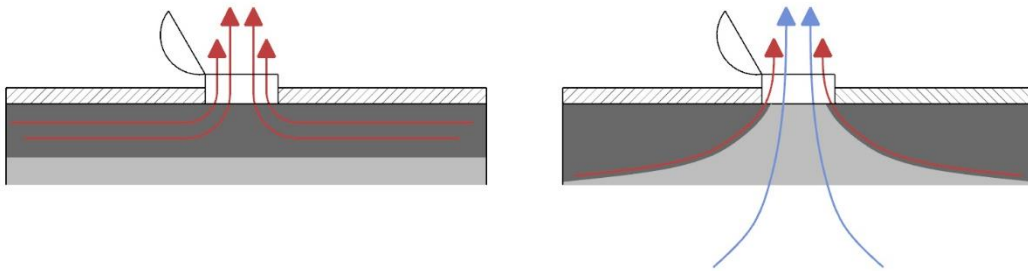


Ilustración 13. Exutorio con efecto vórtice (izquierda) y sin efecto vórtice (derecha)

Este número se puede determinar calculando el valor de extracción crítica para una abertura, más allá del cual el aire sería succionado a través de la capa.

Este valor crítico de extracción (M_{crit}), para aireadores que se encuentra instalados en una pared o más cerca de la pared que la anchura característica del aireador, puede obtenerse empleando la siguiente expresión:

$$M_{crit} = 1,3 \cdot [g \cdot d_n^5 \cdot T_{amb} \cdot \theta_1 / T_1^2]^{1/2} \quad kg/s$$

d_n profundidad de la capa de humos debajo del punto de extracción (m)

Para un aireador más lejos de una pared que la anchura característica de dicho aireador, está dado por la siguiente ecuación:

$$M_{crit} = \frac{2,05 \cdot \rho_{amb} \cdot [g \cdot T_{amb} \cdot \theta_1]^{0,5} \cdot d_n^2 \cdot D_v^{0,5}}{T_1}$$

d_n profundidad de la capa de humos debajo del punto de extracción (m)

D_v diámetro hidráulico de la abertura extracción de humos (m)

El número requerido de orificios de extracción (N) viene dado por:

$$N \geq \frac{M_1}{M_{crit}}$$

7.11. Capacidad total de extracción de los aireadores mecánicos de extracción de humos

Un sistema de extracción mecánico de humos está compuesto por ventiladores y conductos asociados, diseñados para eliminar la masa circulante de humos que entra en el depósito de humos, y que es capaz de soportar las temperaturas previstas de los humos.

Para seleccionar los ventiladores adecuados, se debe obtener el volumen total de extracción empleando la siguiente ecuación:

$$V_1 = \frac{M_1 \cdot T_1}{\rho_{amb} \cdot T_{amb}}$$

El volumen calculado ha de ser suficiente para extraer la masa circulante que entra en la capa de humos desde el penacho.

8 DISEÑO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA

8.1. Descripción de la aplicación

La aplicación creada con Excel está diseñada para facilitar la fase de cálculo en el proyecto del sistema de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH), sirviendo de ayuda y soporte a la interpretación y aplicación de la norma UNE EN 23585:2017.

Esta aplicación puede servir como apoyo a un proyectista a la hora de diseñar un SCTEH obteniendo el número de exutorios que se deben instalar según el modelo. En esta aplicación el usuario solo debe de introducir datos sobre el edificio en el cual se desean instalar estos sistemas y seleccionar un modelo de exutorio de una base de datos que se adapte a las necesidades de la instalación y finalmente ofrecerá la solución adecuada según la norma UNE 23585:2017 de forma instantánea.

El cálculo que se obtiene es aproximado, ya que se han realizado una serie de simplificaciones: no se ha tenido en cuenta la presencia de cortinas de humo (en caso de que la instalación requiera estos componentes), se ha considerado que el humo ascendiendo desde el combustible ardiendo a la capa térmicamente flotante en el depósito de humos y tampoco se han considerado las influencias externas ni las entradas de admisión de aire.

La base de datos que se ha utilizado para modelos de exutorios de extracción mecánica (ventiladores) han sido los modelos de la empresa [SODECA](#), empresa especialista en el diseño y fabricación de ventiladores, extractores y sus accesorios para aplicaciones industriales y para los modelos de extracción natural se han utilizado los de la empresa [COTTES GROUP](#), empresa especializada en el sector de la protección contra incendios. Esta base de datos que incorpora la aplicación es abierta y puede ser fácilmente ampliable por el usuario de manera que este pueda introducir los modelos de exutorios deseados. Se han introducido esta con el fin ilustrar el funcionamiento. En el manual de usuario de la aplicación se explica cómo realizar modificaciones y ampliaciones de la base de datos.

8.2 Limitaciones de la aplicación

Como se ha mencionado en el apartado anterior, el cálculo que se obtiene con la aplicación es aproximado porque se tienen en cuenta una serie de simplificaciones, esto implica una serie de limitaciones de la aplicación.

No tener en cuenta la presencia de las barreras de humos implica no poder controlar el derrame de los humos ni prevenir la propagación de una zona a otra ni dirigir el humo en la dirección adecuada.

En el diseño de los exutorios tampoco se contemplan las influencias externas, tales como la nieve, el viento, la temperatura ambiente, etc. Por lo que no se tienen en cuenta las diferentes presiones diferenciales y fuerzas que pueden afectar a los exutorios

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.7.1 “Como el SCTEH de un edificio está expuesto a influencias externas tales como viento, nieve, temperatura ambiente, etc., cuando se proyecte el SCTEH, se deben tener en cuenta todas estas influencias externas.

El viento puede dar lugar a presiones diferenciales a través de las aberturas de los aireadores naturales o de las aberturas de entrada de aire, las cuales pueden afectar adversamente al funcionamiento de estos dispositivos, por producir un flujo de dirección inversa a través de estas

aberturas, en comparación con el propósito del proyecto. Estas presiones diferenciales también afectan a los aireadores en su posición cerrada y durante el funcionamiento en su posición segura de incendios, por inducción de fuerzas en estos mecanismos, las cuales pueden afectar adversamente a su funcionamiento. Los efectos del viento sobre los aireadores deben ser considerados, por consiguiente, con vistas a su estabilidad frente a las cargas de viento y con miras a sus condiciones de funcionamiento aerodinámico en el lado del viento.

Las sobrecargas de nieve y las bajas temperaturas del ambiente pueden también incrementar la resistencia que necesitan vencer las fuerzas de apertura de los aireadores”

Según establece la norma UNE 23585:2017 en su apartado 6.8.1 “Cualquier sistema de ventilación de humos y calor debe estar provisto de apoyo suficiente de entrada de aire frío al edificio, remplazando la cantidad de gases calientes de los humos extraída.”

Al no tener en cuenta estos elementos no se está considerando la cantidad de aire “limpio” (de remplazamiento) que entra al espacio a estudiar del exterior.

En la aplicación se ha considerado únicamente que el incendio se produce en espacios de volumen simple, esto implica que el humo asciende desde el combustible ardiendo a la capa térmica flotante en el depósito de humos. No se han considerado centros comerciales de varias plantas, edificios con plantas de entresuelo, atrios...

8.2. Algoritmo Excel

Para el cálculo del SCTEH lo primero que se ha de hacer es definir las características de la instalación en la cual se desea instalar el SCTEH, es decir, definir todos los parámetros de entrada que afectarán al diseño de este

(DATOS DE ENTRADA)

Primero se debe comprobar que los parámetros predeterminados son lo que desean utilizar, estos se pueden modificar.

- Temperatura ambiente (T_{amb})
- Temperatura ambiente absoluta (T_0)
- Calor específico de aire (c)
- Densidad del aire (ρ)
- Gravedad (g)
- Coeficiente caudal de entrada (C_e), depende del tipo de recinto del que se trate:
 - Recintos de gran espacio $\rightarrow 0,188$ (auditorios, oficina de gran-planta abierta, estadios, etc., para el modelo de diseño “Edificios de almacenamientos en altura” siempre se considera este)
 - Recintos de pequeño espacio $\rightarrow 0,337$ (unidades de tienda, habitaciones de hotel, oficinas celulares, etc.)
- Factor de cuelgue (γ), es valor de este depende si el espacio presenta o no un dintel o cuelgue estructural:
 - Presenta un dintel o cuelgue estructural $\rightarrow 36$
 - No presenta un dintel o cuelgue estructural $\rightarrow 78$

A continuación, se definen los datos dependientes de la geometría del sector de estudio.

- Longitud (l)
- Anchura (a)
- Altura máxima ($h_{m\acute{a}x}$)
- Altura mínima ($h_{m\acute{i}n}$)
- ¿Incluye rociadores? (Si/No)
- Altura de almacenaje (h)
- Altura libre de humos (Y)
- Anchura del depósito de humos (w_1)
- Área del depósito de humos más pequeño (A)
- Número de depósitos de humos adoptado

Todos los parámetros anteriores son comunes para los diferentes modelos de diseño que establece la norma UNE 23585:2017. A continuación, se definen los parámetros específicos según el modelo de diseño que se trate.

- Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)
 - Ancho de la abertura (w)
- Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)
 - Duración asumida del crecimiento del incendio
- Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)
 - ¿Es un silo? (Si/No)
 - Anchura de la estantería (w)
 - Temperatura de ignición de los materiales almacenados

Una vez introducidos todos los parámetros de entrada, se ha de seleccionar si la instalación incluye rociadores y en caso afirmativo, definir el tipo de rociadores y los parámetros característicos de estos.

- Temperatura de activación (T_r)
- Área de operación de los rociadores (A_r)

Según el modelo de diseño los rociadores podrán ser de un tipo u otro

- Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)
 - Rociadores de respuesta normal
 - Rociadores de respuesta rápida
- Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)
 - Rociadores de techo
 - Rociadores intermedios

Una vez establecidos los parámetros de entrada característicos de la instalación y el tipo de rociadores (en caso de que la instalación los incluya) se ha de definir el objetivo para el cual se desea diseñar el SCTEH. Los objetivos posibles son:

- Protección de los medios de evacuación (asegurar vidas)
- Control de la temperatura de los gases calientes
- Protección de los bienes y propiedades

Y, además, en caso de que se trate del modelo de diseño “Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)” se ha de especificar cual es el uso o aplicación específica.

- Áreas de venta inferiores a 1000 m²
- Habitaciones de hotel
- Oficinas

A continuación, una vez establecidos todos los datos de entrada, la hoja de Excel está programada para que se muestren todos los resultados (datos de salida)

(DATOS DE SALIDA)

Profundidad de la capa de humos (d_1) $d_1 = h_{med} - Y$

Altura media del local $h_{med} = \frac{h_{m\acute{a}x} + h_{m\acute{i}n}}{2}$

Superficie de la instalación $A_{inst} = l \cdot a$

Para el modelo de diseño “Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)” según la duración asumida del crecimiento del incendio se establecerá una categoría de diseño y en función de esta se definirá la altura crítica de apilamiento, el área y perímetro de incendio y el flujo de calor liberado.

Categoría de diseño:

- Duración asumida del crecimiento del incendio $\leq 5 \rightarrow$ Categoría 1 \rightarrow No es necesario la instalación de un SCTEH
- Duración asumida del crecimiento del incendio $\leq 10 \rightarrow$ Categoría 2
- Duración asumida del crecimiento del incendio $\leq 15 \rightarrow$ Categoría 3
- Duración asumida del crecimiento del incendio $\leq 20 \rightarrow$ Categoría 4
- Duración asumida del crecimiento del incendio $> 20 \rightarrow$ Categoría 4

Los parámetros definidos para el diseño de SCTEH tienen que cumplir una serie de requisitos establecidos según la norma UNE 23585:2017, estos son los siguientes:

- La altura máxima debe ser superior o igual a la mínima
- La altura de almacenaje tiene que ser inferior 1m de la altura media
- La altura libre de humos ha de ser menor que nueve décimos (9/10) la altura de suelo a techo, pero mayor que un décimo (1/10) la altura de suelo a techo

$$(0,1 \cdot h_{med} < Y < 0,9 \cdot h_{med})$$

- La altura libre de humos tiene que ser mayor o igual que la altura de almacenaje (h) más 0,5 m ($Y \geq h + 0,5$)
- La longitud de un depósito de humos debe ser menos o igual a 60 m y la superficie máxima debe ser de 2000 m², si la instalación supera estos valores habrá que compartimentar el depósito de humos
- La temperatura de activación de los rociadores ha de ser mayor que la temperatura ambiente
- La profundidad de la capa de humos ha de ser menor que nueve décimos (9/10) la altura de suelo a techo, pero mayor que un décimo (1/10) la altura de suelo a techo

$$(0,1 \cdot h_{med} < d_1 < 0,9 \cdot h_{med})$$

Además de estos requisitos comunes para todos los modelos de diseño hay una serie de requisitos específicos en función del modelo de diseño deseado:

- Para el modelo de diseño “Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones. (Tabla 1.2)”
 - Si la instalación posee rociadores la altura máxima de almacenaje será 5m. En el caso contrario, en el que la instalación no incluya rociadores la altura máxima de almacenamiento será 2,4m. Si la altura es superior se debe realizar el cálculo considerando que se trata de un edificio de almacenamiento en altura (tabla1.4)
- Para el modelo de diseño “Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)”
 - La altura de almacenaje ha de ser inferior a la crítica
- Para el modelo de diseño “Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)”
 - La altura libre de humos tiene que ser mayor o igual que la altura de almacenaje (h) más 0,5 m ($Y \geq h + 0,5$), excepto los silos, para estos la altura libre debe ser mayor dos tercios (2/3) la altura de la estantería/almacenamiento

En el caso de que alguno de estos requisitos no se cumpla, aparecerá un mensaje de error en color rojo hasta que este sea solucionado.

Según el objetivo para el cual esté diseñado el objetivo del SCTEH, también se han de cumplir una serie de requisitos y al igual que los anteriores, hasta que no se cumplan se mostrará un mensaje de error. Los requisitos son los siguientes:

- Para la protección de los medios de evacuación (seguridad de vidas):
 - Se debe establecer una altura libre de humos debajo de la capa de humos (Y).
 - Ha de tomarse como valor mínimo de altura libre (Y) 2,5m
 - En caso de que la temperatura de la capa de humos sea menor que 50°C por encima de la temperatura ambiente se deben añadir 0,5 al valor mínimo de Y, es decir, 3m
 - En el caso de no ser posible alcanzar la altura mínima (Y), pero sea necesario disponer de aire limpio por encima de los recorridos de evacuación, debe estudiarse el caso concreto
 - La temperatura media de la capa de humos debe ser $\leq 200^{\circ}\text{C}$, independientemente de Y (según norma con $q_f(\text{alto})$)
- En el caso de que el objetivo sea el control de la temperatura de los gases calientes del humo:
 - Hay que obtener la temperatura apropiada de la capa de humos
 - La temperatura media de la capa de humos debe ser $\leq 550^{\circ}\text{C}$ para evitar el riesgo de que se produzca flashover (según norma con $q_f(\text{alto})$)
- Para la protección de los bienes y propiedades
 - Puede considerarse adecuado cualquiera de los dos procedimientos anteriores
 - La temperatura media de la capa de humos debe ser $\leq 550^{\circ}\text{C}$ (según norma con $q_f(\text{alto})$)

Después de definir todos los parámetros de entrada y cumplido todos los requisitos anteriores se podrán tomar los parámetros en función del modelo de incendio, estos son los siguientes:

Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)

Tabla 1.1

Áreas de venta inferiores a 1 000 m ² , oficinas y habitaciones de hotel, en atrios multiplanta				
Uso o aplicación	Tipo de rociadores	Área de incendio (A _f) m ²	Perímetro del incendio (P) m	Flujo de calor liberado (q _f) kW / m ²
Áreas de venta inferiores a 1 000 m ² ,	- Rociadores de respuesta normal	10	12	625
	- Rociadores de respuesta rápida	5	9	625
	- Sin rociadores ^a	Toda la superficie	Ancho de la abertura	1 200
Oficinas:	- Rociadores de respuesta normal	16	14	225
	- Sin rociadores. Cama-combustible controlada	47	24	255
	- Sin rociadores ^b . Está prevista total implicación en el incendio por ser cama-combustible controlada por encima del usado en el apartado 6.3	Toda la superficie	Ancho de la abertura	255
Habitación de hotel:	- Rociadores de respuesta normal	2	6	250
	- Sin rociadores	Toda la superficie	Ancho de la abertura	100

Tabla 2. Tabla 1.1 según establece la norma UNE EN 23585:2017

Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones. (Tabla 1.2)

Tabla 1.2

Áreas de venta superiores a 1 000 m ² con productos almacenados, con altura limitada Cajas escénicas y escenarios Recintos de exposiciones			
	Área de incendio (A _f) m ²	Perímetro del incendio (P) m	Flujo de calor liberado (q _f) kW / m ²
Con rociadores. La altura máxima de almacenaje o apilamiento será 5 m. Para alturas superiores se deberá realizar cálculo por estibas según tabla 1.4	20,25	18	Conjuntos de combustibles hasta 2 m de altura. q _f (bajo) = 250 q _f (alto) = 625 Conjuntos de combustible entre 2 m y 5 m de altura (h _f) q _f (bajo) = 250 · (h _f - 1) q _f (alto) = 625 · (h _f - 1)
Sin rociadores. La altura máxima de almacenaje o apilamiento será 2,4 m. Para alturas superiores se deberá realizar cálculo por estibas según tabla 1.4	42,25	26	Conjuntos de combustibles hasta 2 m de altura. q _f (bajo) = 250 q _f (alto) = 1 250 Conjuntos de combustible entre 2 m y 2,4 m de altura (h _f) q _f (bajo) = 250 · (h _f - 1) q _f (alto) = 1 250 · (h _f - 1)

Tabla 3. Tabla 1.2 según establece la norma UNE EN 23585:2017

Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)

Tabla 1.3

Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada				
	Altura crítica de apilamiento	Área de incendio (A_i) m ²	Perímetro del incendio (P) m	Flujo de calor liberado (qf) kW / m ²
Categoría 2 según anexo L	5	20,25	18	Conjuntos de combustibles hasta 2 m de altura. qf (bajo) = 250 qf (alto) = 625 Conjuntos de combustible con altura entre 2 y 5 m (h_f) $q_{f(bajo)} = 250 \cdot (h_f - 1)$ $q_{f(alto)} = 625 \cdot (h_f - 1)$
Categoría 3 según anexo L	2,4	42,25	26	Conjuntos de combustibles hasta 2 m de altura. qf (bajo) = 250 qf (alto) = 1 250 Conjuntos de combustible con altura entre 2 y 2,4 m (h_f) $q_{f(bajo)} = 250 \cdot (h_f - 1)$ $q_{f(alto)} = 1\,250 \cdot (h_f - 1)$
Categoría 4 según anexo L	1,2	81	36	qf (bajo) = 250 qf (alto) = 1.250

Tabla 4. Tabla 1.3 según establece la norma UNE EN 23585:2017

Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)

Tabla 1.4

Edificio de almacenamiento en altura.			
<p>Almacenamiento con productos en estanterías</p> <p>(w = anchura de la estantería) (h = altura de la estantería) (x = $2/3 \cdot h \cdot \text{tangente } 15^\circ = 0,18 \cdot h$)</p> <p>SILOS: (w = anchura de la estantería, para el cálculo, máximo 3 m) (Y = altura de libre de humo) (x = $Y \cdot \text{tangente } 15^\circ = 0,27 \cdot Y$) Y >= 2/3h</p>			
	Área de incendio (A_i) m ²	Perímetro del incendio (P) m	Flujo de calor liberado (qf) kW / m ²
- Rociadores de techo, independientemente de su tipología	$4/3h (w + x)$	$2 (w + 4x)$	qf (bajo) = 250 qf (alto) = 625
- Rociadores intermedios	$2/3h (w + x)$	$w + 4x$	
- Sin rociadores	81	36	qf (bajo) = 250 qf (alto) = 1 250

Tabla 5. Tabla 1.4 según establece la norma UNE EN 23585:2017

A continuación, se obtiene el cálculo de la masa circulante de gases, que se calcula de la siguiente forma:

- Si el penacho está por encima de un gran incendio, es decir, $Y \leq 10[A_f]^{0,5}$, entonces:

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2}$$

C_e Coeficiente de caudal de entrada, para recintos de gran espacio 0,188 y para recintos de pequeño espacio 0,337;

P perímetro del incendio en metros (m);

Y altura desde la base del incendio hasta la capa de humos en metros (m).

- Si el penacho está por encima de pequeños incendios, es decir, $Y > 10[A_f]^{0,5}$, entonces:

$$M_f = 0,071 \cdot Q_f^{0,33} \cdot (Z - z_0)^{1,67} \cdot [1 + 0,026 \cdot Q_f^{0,67} \cdot (Z - z_0)^{-1,67}]$$

Z altura limpia o libre de humos medida por encima de la parte superior del combustible que está ardiendo;

z_0 altura del origen virtual del penacho, se obtiene a partir de:

$$z_0 = -1,2 \cdot D + 0,083 \cdot Q_f^{0,4}$$

D diámetro eficaz del incendio en metros (m) $D = 4 A_f / P$.

- Si se trata del modelo de diseño "Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)" el caudal de la masa circulante siempre se calcula de la misma forma:

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2}$$

C_e Coeficiente de caudal de entrada, en este caso siempre es 0,188;

P perímetro del incendio en metros (m);

Y altura desde la base del incendio hasta la capa de humos en metros (m).

Una vez calculado el caudal de masa circulante se procede a realizar el cálculo de la temperatura de la capa de humos (T_1)

Para obtener la temperatura de la capa de humos lo primero que se ha de calcular es el aumento de la temperatura de la capa de humos por encima del ambiente:

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{c \cdot M_1} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

- Si la instalación no posee rociadores en el depósito de humos, la temperatura de la capa de humos directamente se obtiene:

$$T_1 = T_{amb} + \theta_1$$

- Si la instalación posee rociadores en el depósito de humos, hay que diferenciar si se va a instalar un sistema de ventilación natural o extracción mecánica
 - Sistemas de extracción mecánica

- Si la temperatura de funcionamiento/activación de los rociadores (T_r) es mayor que la temperatura de la capa de humos se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores, es decir:

$$T_1 = T_{amb} + \theta_1$$

- En cualquier otro caso, la temperatura asumida de la capa (T_1) debe ser igual a la temperatura de disparo de los rociadores.

$$T_1 = T_r$$

- o Sistemas de extracción mecánica

- En el caso que la temperatura de funcionamiento de los rociadores sea mayor que la temperatura de la capa de humos (sin tener en cuenta los rociadores) podemos ignorar el efecto de enfriamiento de los rociadores, es decir:

$$T_1 = T_{amb} + \theta_1$$

- Para tener en cuenta el efecto de los rociadores:

$$T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)][(\theta_1 + T_0) \cdot A_r]}{A}$$

A área del depósito de humos;

A_r área de operación de los rociadores;

T temperatura promedio absoluta de la capa de humos;

θ_1 aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente;

T_r Temperatura de activación de los rociadores.

Según establece la norma UNE:23585 La temperatura de la capa de humos debe ser mayor 20 °C por encima de la temperatura ambiente, esta comprobación se hace con q_f (bajo).

Una vez calculada la temperatura de la capa de humos se ha de comprobar que la profundidad de la capa de humos (d_1) ha de ser mayor que la mínima, esta se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$d_1 = \left[\frac{M_1 \cdot T_1}{\gamma \cdot \theta_1^{0,5} W_1} \right]^{2/3}$$

d_1 profundidad de la capa de humos que fluye (m);

T_1 temperatura absoluta de la capa de humos (K);

θ_1 aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (°C);

W_1 anchura del depósito de humos en dirección transversal al flujo de humo hacia los aireadores;

γ factor de cuelgue, 36 si está presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo; factor de cuelgue, 78 si no está presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo;

M_1 valor de la masa circulante de los gases de los humos (kg/s).

Para finalizar, se realiza tanto el dimensionado de aireadores o exutorios (extracción natural) como el dimensionado de los equipos de extracción mecánica (ventiladores)

- Dimensionado de aireadores o exutorios (extracción natural)

Para el dimensionado de exutorios lo primero que se ha de calcular es la superficie aerodinámica necesaria, esta se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Según la norma el cálculo de esta se realiza con q_f (bajo)

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1 \cdot T_1}{\left[2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} - \frac{M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

$A_{v\ tot}$ superficie geométrica total libre de todos los aireadores de extracción de humos en un depósito de humos (m).

C_v coeficiente de descarga de una abertura de entrada de aire de alimentación;

M_1 masa circulante de gases de humo que entra en la capa flotante del depósito de humos ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$);

T_1 promedio de temperatura absoluta en la capa flotante de humos (K);

ρ_{amb} densidad del aire a temperatura ambiente ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$);

g aceleración de la gravedad ($\text{km} \cdot \text{s}^{-2}$);

d_1 profundidad de la capa flotante de humos en un depósito de humos, medida desde el techo hasta la base visible de la capa de humos (m);

θ_1 temperatura media de los gases del depósito de humos por encima de la del ambiente ($^{\circ}\text{C}$);

T_{amb} temperatura ambiente absoluta (K);

A_i superficie geométrica total libre de todas las entradas de aire (m^2);

C_i coeficiente de descarga (es decir coeficiente de funcionamiento) de una abertura de entrada de aire de alimentación;

Esta ecuación la podemos reescribir de la siguiente forma (demostración en el apartado 7.9 "Superficie aerodinámica" de la memoria):

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1}{\rho_{amb}} \cdot \left(\frac{\left(\frac{A_{v\ tot} \cdot C_v}{A_i \cdot C_i} \right)^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2}{2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}} \right)^{1/2}$$

En esta ecuación aparece relacionada la superficie de salida de humos con la superficie de entrada de aire. Sin embargo, procederemos de forma general considerando que ambas superficies son iguales, considerando una relación de 1

$$\frac{A_{v\ tot} \cdot C_v}{A_i \cdot C_i} = 1 \text{ (Relación superficie evacuación/superficie de entrada de aire)}$$

$$A_{v\ tot} \cdot C_v = \frac{M_1}{\rho_{amb}} \cdot \left(\frac{T_1 \cdot T_{amb} + T_1^2}{2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb}} \right)^{1/2}$$

Este valor debe ser suficiente para extraer el valor total calculado de flujo másico que penetra en la capa desde el penacho de los humos.

Una vez calculada la superficie aerodinámica, se selecciona el modelo de exutorio que desea instalar y a partir de los parámetros característicos de este se obtiene el número de exutorios a instalar

Después de obtener el número de exutorios a instalar se ha de comprar que no produzca el efecto vórtice, esto se comprueba calculando el número mínimo de puntos de extracción (N), este se obtiene a partir de:

$$N \geq \frac{M_1}{M_{crit}}$$

M_1 masa circulante de gases de humo que entra en la capa flotante del depósito de humos ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$);

M_{crit} valor máximo posible de extracción de humos a través de un aireador sin que se produzca el "efecto vórtice", este valor depende de la posición en la que están montados los aireadores ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$).

- Para aireadores montados en una pared o más cerca de la pared que la anchura característica del aireador:

$$M_{crit} = 1,3 \cdot [g \cdot d_n^5 \cdot T_{amb} \cdot \theta_1 / T_1^2]$$

g aceleración de la gravedad ($\text{km} \cdot \text{s}^{-2}$);

d_n profundidad de la capa de humos debajo del punto de extracción (m);

T_{amb} temperatura ambiente absoluta (K);

θ_1 temperatura media de los gases del depósito de humos por encima de la del ambiente ($^{\circ}\text{C}$);

T_1 temperatura absoluta en la capa flotante de humos (K).

- Para un aireador más lejos de una pared que la anchura característica de dicho aireador:

$$M_{crit} = \frac{2,05 \cdot \rho_{amb} \cdot [g \cdot T_{amb} \cdot \theta_1]^{0,5} \cdot d_n^2 \cdot D_v^{0,5}}{T_1}$$

d_n profundidad de la capa de humos debajo del punto de extracción (m);

D_v diámetro hidráulico de la abertura extracción de humos (m).

$$D_v = \sqrt{\frac{4 \cdot A_v}{\pi}}$$

- Dimensionado de equipos mecánicos de extracción (extracción mecánica)

Para la selección del modelo de ventilador lo primero que hay que calcular es el caudal total de extracción de este desde un depósito de humos, esto se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$V_1 = \frac{M_1 \cdot T_1}{\rho_{amb} \cdot T_{amb}}$$

Para la obtención de este valor se puede ignorar el efecto de enfriamiento de los rociadores. Según la norma UNE 23585, para el cálculo de los valores de la fórmula se ha utilizado $q_f(alto)$ ya que es el caso más desfavorable. Este valor debe ser suficiente para extraer el valor total calculado de flujo másico que penetra en la capa desde el penacho de los humos.

Una vez obtenido el caudal total de extracción y obtenido el número de puntos de extracción (para este valor se toma el número mínimo de puntos de extracción (N) obtenido anteriormente) se calcula el caudal de extracción por cada ventilador y a partir de este y en función de las dimensiones que se quieren cumplir se selecciona el modelo de ventilador adecuado

8.3. Manual de usuario

8.3.1. Pantalla de inicio

En primer lugar, abrir el archivo del Excel denominado “Cálculo SCTEH”

Al abrir el Excel aparecerá la siguiente pantalla:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

Áreas de venta inferiores a 1000 m ² , oficinas y habitaciones de hotel			
Errores e indicaciones			
Parámetros constantes		Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_amb)		20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)		293	K
Calor específico del aire (c)		1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)		1,225	kg/m ³
Gravedad (g)		9,81	m/s ²
Coefficiente caudal de entrada (Ce)		0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)		Si	
Factor de cuelgue (γ)		78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)		No	
Datos del edificio		Valor	Unidad
Longitud (l)			m
Anchura (a)			m
Altura máxima (h_máx)			m
Altura mínima (h_mín)			m

Ilustración 14. Pantalla inicio aplicación

El Excel está compuesto por 5 hojas de cálculo, las cuatro primeras son las aplicaciones para los cuatro tipos de modelos de diseño que establece la norma UNE 23585:2017 y la última es una base de datos de distintos modelos de exutorios y ventiladores. Cada una de las cuatro hojas de cálculo de tipo de modelos de diseño está dividida en tres partes:

- Zona de introducción de valores y cálculo
- Columna de errores e indicadores
- Zona explicaciones y aclaraciones

8.3.2. Zona de cálculo

The screenshot is identical to the previous one, but a red rectangular box highlights the entire table content, including the title, parameter table, and building data table.

Ilustración 15. Zona de cálculo

8.3.3.1. Tipos de celdas

En la primera parte se encuentra la aplicación en sí, en esta se han de introducir y seleccionar los parámetros necesarios para el cálculo del Sistema de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH). En esta parte hay cuatro tipos de celdas:

- **Celdas de parámetros predeterminados**, estas se identifican con color de relleno gris claro, estas celdas están rellenas por defecto, pero en caso de que se desee emplear otros parámetros predefinidos pueden ser modificadas cambiando en valor de la celda en cualquier momento.

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_amb)	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (Ce)	0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si	
Factor de cuelgue (γ)	78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Ilustración 16. Celdas parámetros predeterminados

- **Celdas de selección**, estas celdas tienen un color de relleno gris oscuro, al seleccionar estas celdas se mostrarán las opciones entre las que ha de elegir y en función del valor seleccionado se asignará un valor a la celda.

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_amb)	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (Ce)	0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si	
Factor de cuelgue (γ)	No	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Ilustración 17. Celdas de selección

- **Celdas de entrada**, estas son celdas vacías sin color de relleno. Estas celdas son las que ha de rellenar el proyectista para el cálculo del SCTEH. A partir de los valores de estas celdas se obtendrá el resultado del cálculo.

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)		m
Anchura (a)		m
Altura máxima (h_máx)		m
Altura mínima (h_mín)		m
¿Incluye rociadores?	Si	
Altura de almacenaje (h)		m
Altura libre de humos (Y)		m
Ancho de la abertura (w)		m
Anchura del depósito de humos (W_1)		m

Ilustración 18. Celdas de entrada

- **Celdas de salida**, estas celdas se identifican con un color de relleno verde claro, estas se rellenan de forma automática una vez que el proyectista seleccione e introduzca los valores en las celdas de selección y las celdas de entrada. Estas celdas muestran el resultado de los cálculos necesarios para el diseño del SCTEH y no se podrán modificar, para modificarlas sean de cambiar los valores de las celdas de entrada o selección.

Anchura del depósito de humos (W_1)		m
Área del depósito de humos más pequeño (A)		m ²
Número de depósitos de humos adoptado		Ud
Profundidad de la capa de humos (d_1)	0	m
Altura media del local (h_med)	0	m
Superficie de la intalación	0	m ²

Ilustración 19. Celdas de salida

La zona de cálculo a su vez de se divide en diversas tablas:

- Parámetros predeterminados
- Datos del edificio
- Uso y objetivo del SCTEH
- Rociadores
- Parámetros de diseño
- Temperaturas
- Opción ventilación natural
- Comprobación efecto vórtice
- Opción extracción mecánica

8.3.2.2 Parámetros constantes

En esta tabla se encuentran todos aquellos parámetros que no depende de la geometría de edificio: Temperatura ambiente, calor específico, gravedad...

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T _{amb})	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T ₀)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²

Ilustración 20. Parámetros predeterminados

8.3.2.2 Datos del edificio

En esta tabla se hallan todos aquellos valores que dependen de la geometría de la instalación a estudiar.

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)		m
Anchura (a)		m
Altura máxima (h_máx)		m
Altura mínima (h_mín)		m
¿Se considera un silo? (Si/No)	No	
Anchura de la estantería (w)		m
Altura de la estantería (h)		m
Altura libre de humos (Y)		m
Ancho del depósito de humos (W_1)		m
Área del depósito de humos más pequeño (A)		m ²
Número de depósitos de humos adoptado		Ud
Temperatura de ignición de los materiales almacenados (solo si es un silo)		°C
Profundidad de la capa de humos (d_1)	0	m
Altura media del local (h_med)	0	m
Superficie de la instalación	0,00	m ²

Ilustración 21. Datos del edificio

8.3.2.3 Uso y objetivo del SCTEH

En las siguientes tablas se ha de seleccionar el uso y el objetivo para el cual está destinado el Sistema de Control de Temperatura y Evacuación de Temperatura.

Uso o aplicación
Áreas de venta inferiores a 1000 m ²

Objetivo del scteh
Control de la temperatura de los gases calientes

Ilustración 22. Uso y objetivo del SCTEH

8.3.2.4 Rociadores

En esta se ha de seleccionar el tipo de rociadores que incluye la instalación en el caso que esta disponga de rociadores y los parámetros característicos de estos.

Tipo y parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)		
Tipo de rociadores	Rociadores de techo	
Temperatura de activación rociadores/disparo (T _r)		K
Área de operación de rociadores (A _r)		m ²

Ilustración 23. Tipo y parámetros de rociadores

Y en esta se muestra si se puede ignorar el efecto de enfriamiento causado por los rociadores.

Efecto causado por los rociadores		
Temperatura de la capa de humos (T ₁ =θ ₁ +T _{amb})		°C
Temperatura absoluta de la capa de humos (T ₁ =θ ₁ +T _{amb})		K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ ₁)		°C
¿Se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores?		

Ilustración 24. Efecto causado por rociadores

8.3.2.5 Parámetros de diseño

Esta tabla muestra de forma automática los parámetros de diseño a tener en cuenta para el cálculo del SCTEH

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo		
Área de incendio (A_f)	0,00	m ²
Perímetro de incendio (P)	0,00	m
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo})	250	KW/m ²
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto})	625	KW/m ²
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo})	0	kW
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto})	0	kW

Ilustración 25. Parámetros de diseño

8.3.2.6 Temperaturas

En esta tabla se visualizan todas las temperaturas de la capa de humo en función de que la instalación posea o no rociadores y en función del tipo de sistema que se vaya a instalar (extracción natural o mecánica).

Temperatura capa de humos		
Sin rociadores en el depósito de humos		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)		K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)		°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)		°C
Con rociadores en el depósito de humos (sin despreciar el efecto de estos)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)		K
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)		K
Temperatura capa de humos (T_1)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)		K
Temperatura de la capa de humos		°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)		°C
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)		K
Temperatura de la capa de humos		°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)		°C

Ilustración 26. Temperaturas

8.3.2.7 Opción ventilación natural

Esta muestra las características que ha de poseer el exutorio seleccionado y una vez seleccionado este se muestran las características del modelo seccionado y el número de estos que se han de instalar.

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica		m ²
Selección del modelo de exutorio		
Ancho exutorio (mm)		mm
Largo exutorio (mm)		mm
Superficie geométrica exutorio (m ²)		m ²
Coefficiente aerodinámico (C _v)		
Superficie aerodinámica exutorio (m ²)		m ²
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado		Ud
Número de depósitos de humos		Ud
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento		Ud

Ilustración 27. Opción sistema de ventilación natural

8.3.2.8 Comprobación efecto vórtice

Esta tabla comprueba si se produce el efecto o desagüe a partir del número de puntos de extracción mínimos a instalar según la geometría de la instalación y la posición de los puntos de extracción.

Comprobación que no se produzca el efecto vórtice		
Número mínimo de puntos de extracción (N)		Ud
¿Dónde están montados los aireadores?		
Más lejos de una pared que la anchura característica de dicho aireador		

Ilustración 28. Comprobación efecto vórtice

8.3.2.9 Opción extracción mecánica

La última tabla obtiene el caudal de extracción y a partir de este se selecciona el ventilados adecuado

Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos		m ³ /s
Número de puntos de extracción		
Caudal de extracción por cada punto de extracción		m ³ /s
		m ³ /h
Selección del modelo de ventilador		
Caudal de extracción máximo ventilador seleccionado		m ³ /h
Diámetro exterior		mm

Ilustración 29. Opción extracción mecánica

8.3.3 Columna de errores e indicaciones

Áreas de venta inferiores a 1000 m ² , oficinas y habitaciones de hotel			
Parámetros constantes			
Temperatura ambiente (T _{amb})	Valor	Unidad	
20		°C	
Temperatura ambiente absoluta (T _a)	293	K	
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K	
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³	
Gravedad (g)	9,81	m/s ²	
Coefficiente caudal de entrada (Ce)	0,188	kg/m ² ·s	
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si		
Factor de cuelgue (γ)	78		
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No		
Datos del edificio			
Longitud (l)	Valor	Unidad	
32,25		m	
Anchura (a)	17,5	m	
Altura máxima (h _{máx})	5	m	
Altura mínima (h _{mín})	6	m	
¿Incluye rociadores?	Si		
Altura de almacenaje (h)		m	
Altura libre de humos (Y)		m	
Ancho de la abertura (w)		m	
Anchura del depósito de humos (W _d)		m	
Área del depósito de humos más pequeño (A)	189,78	m ²	

Ilustración 30. Columna errores e indicaciones

En la segunda parte se encuentra una columna denominada “Errores e indicaciones”, en esta columna aparecerán de forma automática dos tipos de mensajes:

- Mensaje de error
- Mensaje de indicación

8.3.3.1. Mensaje de error

Este aparecerá automáticamente en color rojo en el caso en el que se haya introducido dato o seleccionado una opción que suponga un error o una incongruencia, una vez se solucione el error, este mensaje desaparecerá de forma automática.

Datos del edificio	Valor	Unidad	
Longitud (l)	32,25	m	
Anchura (a)	17,5	m	
Altura máxima (h _{máx})	5	m	La altura máxima debe ser superior o igual a la mínima
Altura mínima (h _{mín})	6	m	
¿Incluye rociadores?	Si		

Ilustración 31. Mensaje de error

8.3.3.2. Mensaje indicación

Este aparecerá en color verde en el caso en el que se haya introducido un valor o seleccionado una opción y requiera alguna ayuda con el fin de ayudar al proyectista en el diseño del SCTEH.

Área del depósito de humos más pequeño (A)	189,78	m ²	
Número de depósitos de humos adoptado	1	Ud	Por la geometría del edificio se considera un solo depósito de humos
Profundidad de la capa de humos (d ₁)	2,5	m	
Altura media del local (h _{med})	5,5	m	
Superficie de la intalación	564,375	m ²	

Ilustración 32. Mensaje indicación

8.3.5. Zona explicaciones y aclaraciones

Por último, está la tercera parte en la que se encuentra todos los requisitos que ha de cumplir el SCTEH, las fórmulas y algunos datos necesarios para el cálculo de este y la realización de algunos cálculos, todo esto en base a la norma UNE EN 23585:2017

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
3	Requisitos, fórmulas, cálculos y datos															
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																

Ilustración 33. Requisitos, fórmulas, cálculos y datos.

8.3.6. Modo de empleo

Una vez abierta la aplicación Excel, lo primero que ha de seleccionar es la hoja de cálculo según el modelo de incendio de diseño que se adapte a la instalación en la que desea instalar el SCTEH. Esto se selecciona en la parte inferior izquierda:

- Hoja "1.1" → Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)
- Hoja "1.2" → Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones (Tabla 1.2)
- Hoja "1.3" → Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)
- Hoja "1.4" → Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)

Áreas de venta inferiores a 1000 m ² , oficinas y habitaciones de hotel			
Parámetros constantes		Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_amb)		20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)		293	K
Calor específico del aire (c)		1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)		1,225	kg/m ³
Gravedad (g)		9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (Ce)		0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)		Si	
Factor de cuelgue (γ)		78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)		No	
Datos del edificio		Valor	Unidad
Longitud (l)			m
Anchura (a)			m
Altura máxima (h_máx)			m
Altura mínima (h_mín)			m
¿Incluye rociadores?		Si	
Altura de almacenaje (h)			m
Altura libre de humos (Y)			m
Ancho de la abertura (w)			m
Anchura del depósito de humos (W_1)			m
Área del depósito de humos más pequeño (A)			m ²

Ilustración 34. Hoja de cálculo según el modelo de incendio

A continuación, cuando esté en la hoja seleccionada según el modelo de diseño modificará, en caso de que sea necesario las celdas de parámetros predeterminados, rellenará todas las celdas de entrada, seleccionará la opción que desee en todas las celdas de selección.

Áreas de venta inferiores a 1000 m ² , oficinas y habitaciones de hotel			
Parámetros constantes		Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_amb)		20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)		293	K
Calor específico del aire (c)		1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)		1,225	kg/m ³
Gravedad (g)		9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (Ce)		0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)		Si	
Factor de cuelgue (γ)		78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)		No	

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)	32,25	m
Anchura (a)	17,5	m
Altura máxima (h_máx)	5	m
Altura mínima (h_mín)	4,2	m
¿Incluye rociadores?	Si	
Altura de almacenaje (h)	2	m
Altura libre de humos (Y)	3	m
Ancho de la abertura (w)	7	m
Anchura del depósito de humos (W_1)	10,63	m
Área del depósito de humos más pequeño (A)	189,78	m ²
Número de depósitos de humos adoptado	1	Ud
Profundidad de la capa de humos (d_1)	1,6	m
Altura media del local (h_med)	4,6	m
Superficie de la intalación	564,375	m ²
Uso o aplicación		
Áreas de venta inferiores a 1000 m2		
Objetivo del scteh		
Protección de los bienes y propiedades		
Parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)		
Tipo de rociadores:		
Respuesta normal		
Temperatura de activación rociadores/disparo (Tr)	341	K
Área de operación de rociadores (Ar)	7	m ²

Ilustración 35. Introducción datos de entrada

Una vez completado todo lo anterior se habrán rellenado de forma automática todas las celdas de salida con todos los datos necesarios para el cálculo del SCTEH.

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo		
Área de incendio (Af)	10	m ²
Perímetro de incendio (P)	12	m
Flujo de calor liberado (qf)	625	KW/m ²
Flujo de calor convectivo (Qf)	5000	kW
Cálculo de la masa circulante de gases		
	11,72251987	kg/s
Comprobaciones previas al cálculo de la T_1		
Temperatura de la capa de humos (T_1=θ_1+T_amb)	444,8301337	°C
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1=θ_1+T_amb)	717,8301337	K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	424,8301337	°C
¿Se puede ingorar el enfriamiento causado por los rociadores?	No	

Temperatura capa de humos		
Sin rociadores en el depósito de humos		
Temperatura de la capa de humos ($T_{-1}=\theta_{-1}+T_{-amb}$)	717,8301337	K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_{-1}=\theta_{-1}+T_{-amb}$)	444,8301337	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_{-1})	424,8301337	°C
Con rociadores en el depósito de humos (sin desprejciar el efecto de estos)		
Sistemas de ventilación natural		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_{-1})	341	K
Sistemas de extracción mecánica		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_{-1})	354,8993094	K
Temperatura capa de humos (T_{-1})		
Sistemas de ventilación natural		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_{-1})	341	K
Temperatura de la capa de humos	68	°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la ambiente (θ_{-1})	48	°C
Sistemas de extracción mecánica		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_{-1})	354,8993094	K
Temperatura de la capa de humos	81,89930939	°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la ambiente (θ_{-1})	61,89930939	°C
Profundidad mínima de la capa de humos (d_{-1})	0,785268024	m

Ilustración 36. Datos de salida

Para finalizar deberá elegir entre instalar un sistema de ventilación natural o un sistema de extracción mecánica, una vez tomada esta decisión tendrá que seleccionar el modelo de exutorio o ventilador que se adapte a sus necesidades de la base de datos creada.

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica	6,696421551	m ²
Selección del modelo de exutorio	Cottes Duo Therma 2015	▼
Ancho exutorio (mm)	Cottes Duo Therma 2015	^
Largo exutorio (mm)	Cottes Duo Therma 2020	
Superficie geométrica exutorio (m2)	Cottes Duo Therma 2025	
Coeficiente aerodinámico (Cv)	Cottes Duo Therma 2510	
Superficie aerodinámica exutorio (m2)	Cottes Duo Therma 2515	
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado	Cottes Duo Therma 2520	
Número de depósitos de humos	Cottes Duo Therma 2525	
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento	Cottes Fumética 1010	4
		1
		Ud
		4
		Uds
Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos	23,44439089	m ³ /s
Número de puntos de extracción	2	pts.
Caudal de extracción por cada punto de extracción	11,72219545	m ³ /s
	84399,80722	m ³ /h
Selección del modelo de ventilador	THT-160-6T/6-40	▼
Caludal de extracción máximo ventilador seleccionado	THT-40-2T-1,5	^
Diametro exterior	THT-45-2T-3	
	THT-50-2T-4	
	THT-50-4T-1	
	THT-56-2T-12	

Ilustración 37. Selección modelo exutorio y ventilador

En el caso de que el modelo de exutorio o ventilador no cumpla los requisitos establecidos por la norma aparecerá un error en la columna de “Errores e indicaciones”, en tal caso deberá seleccionar otro modelo que si los cumpla.

8.3.7. Base de datos

La última hoja de cálculo del Excel es la denominada “Base de datos”, al seleccionar está aparecerá la siguiente pantalla

	B	C	D	E	F	G
2	Modelos exutorios (extracción natural)					
3	Modelo	Ancho (mm)	Largo (mm)	Superficie geométrica (m ²)	Coef aerodinámico (Cv)	Superficie aerodinámica(m ²)
4	Cottes Duo Therma 1010	1000	1000	1	0,6	0,6
5	Cottes Duo Therma 1015	1000	1500	1,5	0,6	0,9
6	Cottes Duo Therma 1020	1000	2000	2	0,6	1,2
7	Cottes Duo Therma 1025	1000	2500	2,5	0,6	1,5
8	Cottes Duo Therma 1510	1500	1000	1,5	0,6	0,9
9	Cottes Duo Therma 1515	1500	1500	2,25	0,6	1,35
10	Cottes Duo Therma 1520	1500	2000	3	0,6	1,8
11	Cottes Duo Therma 1525	1500	2500	3,75	0,6	2,25
12	Cottes Duo Therma 2010	2000	1000	2	0,65	1,3
13	Cottes Duo Therma 2015	2000	1500	3	0,65	1,95
14	Cottes Duo Therma 2020	2000	2000	4	0,65	2,6
15	Cottes Duo Therma 2025	2000	2500	5	0,65	3,25
16	Cottes Duo Therma 2510	2500	1000	2,5	0,65	1,625
17	Cottes Duo Therma 2515	2500	1500	3,75	0,65	2,4375
18	Cottes Duo Therma 2520	2500	2000	5	0,65	3,25
19	Cottes Duo Therma 2525	2500	2500	6,25	0,65	4,0625
20	Cottes Fumética 1010	1000	1000	1	0,52	0,52
21	Cottes Fumética 1015	1000	1500	1,5	0,56	0,84
22	Cottes Fumética 1020	1000	2000	2	0,58	1,16
23	Cottes Fumética 1025	1000	2500	2,5	0,59	1,475

Ilustración 38. Base de datos

En la parte derecha se la hoja se encuentran la base de datos de los modelos de exutorios (extracción natural).

Modelos exutorios (extracción natural)					
Modelo	Ancho	Largo	Superficie geométrica (Av)	Coef aerodinámico (Cv)	Superficie aerodinámica
Cottes Duo Therma 1010	1000	1000	1	0,6	0,6
Cottes Duo Therma 1015	1000	1500	1,5	0,6	0,9
Cottes Duo Therma 1020	1000	2000	2	0,6	1,2
Cottes Duo Therma 1025	1000	2500	2,5	0,6	1,5
Cottes Duo Therma 1510	1500	1000	1,5	0,6	0,9
Cottes Duo Therma 1515	1500	1500	2,25	0,6	1,35
Cottes Duo Therma 1520	1500	2000	3	0,6	1,8
Cottes Duo Therma 1525	1500	2500	3,75	0,6	2,25
Cottes Duo Therma 2010	2000	1000	2	0,65	1,3
Cottes Duo Therma 2015	2000	1500	3	0,65	1,95
Cottes Duo Therma 2020	2000	2000	4	0,65	2,6
Cottes Duo Therma 2025	2000	2500	5	0,65	3,25
Cottes Duo Therma 2510	2500	1000	2,5	0,65	1,625
Cottes Duo Therma 2515	2500	1500	3,75	0,65	2,4375
Cottes Duo Therma 2520	2500	2000	5	0,65	3,25
Cottes Duo Therma 2525	2500	2500	6,25	0,65	4,0625
Cottes Fumética 1010	1000	1000	1	0,52	0,52
Cottes Fumética 1015	1000	1500	1,5	0,56	0,84
Cottes Fumética 1020	1000	2000	2	0,58	1,16
Cottes Fumética 1025	1000	2500	2,5	0,59	1,475
Cottes Fumética 1030	1000	3000	3	0,6	1,8

Ilustración 39. Base de datos modelos de exutorios (extracción natural)

En caso de ampliar modelos de ventiladores será necesario cumplimentar las columnas “Modelo” “Caudal máximo (m³/h)” y “Diámetro (mm)”.

Modelos ventiladores (extracción mecánica)		
Modelo	caudal máximo (m³/h)	Diámetro (mm)

Ilustración 42. Ampliar modelos de ventiladores a la base de datos

En el caso de no querer ampliar la base de datos, pero sí modificarla solo habría que modificar los datos de las columnas.

9 VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN

Para verificar que la aplicación diseñada con Excel funciona adecuadamente, se procede a comparar los resultados obtenidos para un ejemplo determinado con la aplicación informática libre de la empresa “Grupo Supra” denominada [SUPRA SCTEH](#), a la cual se puede acceder clicando en nombre de la aplicación y la diseñada con Excel.

La aplicación diseñada tiene 4 hojas Excel, en las que se contempla cada uno de los distintos tipos de instalaciones (modelos de incendio de diseño) que considera la norma UNE 23585:2017. Los tipos de instalaciones son los siguientes:

- Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)
- Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones (Tabla 1.2)
- Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)
- Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)

Cada hoja realiza todos los cálculos y rellena los valores establecidos según el modelo de forma automática, a diferencia de la aplicación informática libre en la que los campos: “Área de incendio”, “perímetro del incendio” y “flujo de calor liberado” solo se rellenan de forma automática si se trata de un edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4), para los demás casos (Tabla 1.1, 1.2 y 1.3) hay que rellenarlos manualmente consultando estos en la norma.

La aplicación diseñada además de realizar todos los cálculos de los parámetros necesarios para el cálculo de aireadores tiene una columna denominada “Errores e indicaciones” en las que si el usuario introduce un valor que incumpla algún requisito establecido en la norma aparezca un mensaje de error en rojo indicando cual es el error, también se mostrarán algunas observaciones en verde con el fin de ayudar al proyectista a la hora de rellenar las celdas.

Asimismo, a la derecha de la columna anterior están explicados todos los requisitos que tienen que cumplir los parámetros en base a la norma UNE 23585:2017 y los métodos de cálculo empleados para que el usuario sepa en todo momento lo que se está realizando con el Excel.

Una de las principales ventajas de la aplicación diseñada, a diferencia de la comercial, es que comprueba que el número de exutorios definidos es suficiente para evitar el efecto conocido como efecto “plugholing”, “efecto desagüe” o efecto vórtice”, en caso de que este se produzca aparecerá un mensaje de error en rojo en la columna de errores e indicaciones.

Otra característica importante es que también comprueba automáticamente, según los valores introducidos, si la capa de humos posee la profundidad mínima necesaria y en el caso de no tenerla se mostrará un mensaje de error y habrá que modificar la altura libre de humos para que la profundidad de la capa de humos sea mayor que la mínima. Además, también verifica que la profundidad de la capa también este entre otros dos valores (un mínimo y un máximo) establecidos por la norma.

Una novedad importante de la aplicación diseñada es que una vez que se obtiene de forma automática superficie aerodinámica (ventilación natural) y el caudal total de extracción (extracción mecánica) te permite seleccionar un modelo de exutorio y un modelo de ventilador que satisfagan los cálculos de una base de datos creada a partir de modelos de fabricantes. En el caso de que el modelo seleccionado no se capaz de extraer el caudal necesario aparecerá un mensaje de error.

Otras características a destacar:

- Según la geometría del edificio se mostrará un mensaje en la columna “Errores e indicaciones” en el cual indique si es necesario compartimentar el espacio en más de un depósito de humos.
- Comprueba que los datos introducidos de altura mínima y máxima sean lógicos, es decir, si por error se introduce en la celda de la altura máxima un valor menor que la altura mínima aparecerá un mensaje de error.
- Comprueba que la altura de la estantería sea inferior 1m de la altura media del edificio.
- Realiza diversas verificaciones respecto a la altura libre de humos:
 - o Verifica que la altura libre de humos sea mayor que un décimo de la altura de suelo a techo y menor que nueve décimos de la altura de suelo a techo, además de comprobar si la altura libre de humos es mayor que la altura de almacenamiento más 0,5 metros y en el caso de que sea un silo mayor de dos tercios la altura de almacenamiento.
 - o En el caso de que el objetivo del SCTEH sea mantener una altura libre de humos, se comprobará que esta tiene que ser menor que 2,5m y en el caso en el que la temperatura de la capa de humos es menor que 50 grados por encima de la temperatura ambiente comprobará que la altura libre no es mayor que 3m.
- En caso de que sea necesario te permite seleccionar el uso o aplicación a la que está destinado la instalación.
- Permite tener en cuenta el objetivo para el cual se diseña el SCTEH.
- Según el objetivo para el cual se diseña el SCTEH se comprueba que la temperatura de diseño de los gases en la capa flotante cumpla los valores máximos establecidos por la norma, en el caso de que no se cumpla se montará un mensaje de error.
- En el caso de que introduzca una temperatura de activación de los rociadores menor que la temperatura ambiente aparecerá un mensaje de error indicándolo para que se modifique.
- Diferencia la temperatura de la capa de humos en el caso de que la ventilación sea natural o mecánica ya que así lo establece la norma.
- Tiene en cuenta donde están montados los aireadores ya que la norma diferencia el método de cálculo del valor máximo posible de extracción de humos según la situación.
- Para más información, muestra si se puede ignorar el efecto de enfriamiento causado por los rociadores y a partir de esta información establece cual es la temperatura de la capa de humos tanto para la opción de extracción mecánica como para la opción de extracción natural.

A continuación, se muestran las tablas comparativas de los resultados obtenidos con ambas aplicaciones.

9.1. Ejemplo de validación 1

En este primer ejemplo de validación se comparan los resultados obtenidos según el tipo de modelo de diseño “Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel (Tabla 1.1)” según establece la norma UNE EN 23585:2017 de la aplicación diseñada con los obtenidos con la aplicación de la empresa del Grupo Supra.

Parámetro	Excel	Supra	Error
Profundidad de la capa de humos (d_1) [m]	1,6	1,6	0,00%
Altura media del local [m]	4,6	4,6	0,00%
Superficie de la instalación [m ²]	564,38	No calcula	
Área de incendio (A_f) [m ²]	10	Manualmente	
Perímetro de incendio (P) [m]	12	Manualmente	
Flujo de calor liberado (q_f) [kW/m ²]	625	Manualmente	
Flujo de calor convectivo (Q_f) [kW]	5000	5000	0,00%
Caudal másico de humos (M_f) [kg/s]	11,72	11,72	0,00%
Temperatura de la capa de humos opción extracción mecánica (T_1) [K]	341	No calcula	
Temperatura de la capa de humos opción extracción natural (T_1) [K]	354,90	354,90	0,00%
Profundidad mínima de la capa de humos [m]	0,79	No la calcula	
Superficie aerodinámica	6,70	6,06	9,55%
Número mínimo de puntos de extracción (N)	2	No lo calcula	
Caudal total de extracción	23,44	23,35	0,41%

Tabla 6. Comparativa áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel

A partir de los datos mostrados en la tabla comparativa, se puede observar que casi todos los resultados son exactamente iguales excepto la superficie aerodinámica que se obtiene con un 9,55% de error y el caudal total de extracción con un porcentaje de error prácticamente cero. Además, en el caso de la aplicación [Supra SCTEH](#) los valores “Área de incendio”, “Perímetro de incendio” y “Flujo de calor liberado” no se obtienen automáticamente al introducir los datos de la geometría del edificio, sino que ha de introducirlos el usuario de la aplicación manualmente. La aplicación diseñada (Excel), para una mayor información al proyectista calcula la superficie de la instalación, la profundidad mínima de la capa de humos y el número mínimo de puntos de extracción a diferencia de la aplicación diseñada por la empresa “Grupo Supra”.

9.2. Ejemplo de validación 2

En este segundo ejemplo de validación se comparan los resultados obtenidos según el tipo de modelo de diseño “Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones (Tabla 1.2)” según establece la norma UNE EN 23585:2017 de la aplicación diseñada con los obtenidos con la aplicación de la empresa del grupo supra.

Parámetro	Excel	Supra	Error
Profundidad de la capa de humos (d_1) [m]	1,3	1,3	0,00%
Altura media del local [m]	4,5	4,5	0,00%
Superficie de la instalación [m ²]	1930,91	No calcula	
Área de incendio (A_f) [m ²]	20,25	Manualmente	
Perímetro de incendio (P) [m]	18	Manualmente	
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo}) [kW/m ²]	250	Manualmente	
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto}) [kW/m ²]	625	Manualmente	
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo}) [kW]	4050	Manualmente	
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto}) [kW]	10125	Manualmente	
Caudal másico de humos (Mf) [kg/s]	19,37	19,37	0,00%
Temperatura de la capa de humos opción extracción mecánica (T_1) [K]	343	No la calcula	
Temperatura de la capa de humos opción extracción natural (T_1) [K]	344,61	344,61	0,00%
Profundidad mínima de la capa de humos [m]	0,61	No calcula	
Superficie aerodinámica	12,08	11,89	1,62%
Número mínimo de puntos de extracción (N)	4	No calcula	
Caudal total de extracción	43,91	43,73	0,41%

Tabla 7. Comparativa áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados, con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones

A partir de los datos mostrados en la tabla comparativa, se puede observar que prácticamente todos los resultados son iguales excepto la superficie aerodinámica que se obtiene tan solo un 1,62% de error y el caudal total de extracción con un porcentaje de error del 0,41%. Además, en el caso de la aplicación [Supra SCTEH](#) los valores “Área de incendio”, “Perímetro de incendio”, “Flujo de calor liberado bajo”, “Flujo de calor liberado alto” y los flujos de calor convectivo no se obtienen de forma automática al introducir los datos de la geometría del edificio, sino que el usuario de la aplicación ha de introducirlos manualmente. La aplicación diseñada (Excel) para una mayor información, calcula la superficie de la instalación, la profundidad mínima de la capa de humos y el número mínimo de puntos de extracción a diferencia de la aplicación diseñada por la empresa “Grupo Supra”.

9.3. Ejemplo de validación 3

En el tercer ejemplo de validación se comparan los resultados obtenidos según el tipo de modelo de diseño establecido por la norma UNE EN 23585:2017 “Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (Tabla 1.3)” de la aplicación diseñada con los obtenidos con la aplicación de la empresa del grupo supra.

Parámetro	Excel	Supra	Error
Profundidad de la capa de humos (d_1) [m]	1,8	1,8	0,00%
Altura media del local [m]	8,4	8,4	0,00%
Superficie de la instalación [m^2]	2895,78	No calcula	
Categoría de diseño	1	No la calcula	
Área de incendio (A_f) [m^2]	20,5	Manualmente	
Perímetro de incendio (P) [m]	18	Manualmente	
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo}) [kW/m^2]	750	Manualmente	
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto}) [kW/m^2]	1875	Manualmente	
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo}) [kW]	12150	Manualmente	
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto}) [kW]	30375	Manualmente	
Caudal másico de humos (M_f) [kg/s]	57,38	57,38	0,00%
Temperatura de la capa de humos opción extracción mecánica (T_1) [K]	352	No calcula	
Temperatura de la capa de humos opción extracción natural (T_1) [K]	353,60	353,60	0,00%
Profundidad mínima de la capa de humos [m]	1,52	No calcula	
Superficie aerodinámica	28,56	28,17	1,39%
Número mínimo de puntos de extracción (N)	2	No calcula	
Caudal total de extracción	131,13	130,60	0,41%

Tabla 8. Comparativa áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada

A partir de los datos mostrados en la tabla comparativa, al igual que en la tabla anterior se puede observar que casi todos los resultados obtenidos son iguales excepto la superficie aerodinámica en la que se obtiene con un 1,39% de error y el caudal total de extracción, al igual que en los ejemplos anteriores con un porcentaje de error del 0,41%. Además, al igual que en el caso anterior en el caso de la aplicación [Supra SCTEH](#) diversos valores no se obtienen de forma automática al introducir los datos de la geometría del edificio, sino que es el usuario de la aplicación el que ha de introducirlos manualmente. La aplicación diseñada (Excel) para dar una mayor información al usuario, igual que en el ejemplo anterior, calcula la superficie de la instalación, la profundidad mínima de la capa de humos y el número mínimo de puntos de extracción a diferencia de la aplicación diseñada por la empresa “Grupo Supra”.

9.4. Ejemplo de validación 4

Finalmente, en el último ejemplo de validación se comparan los resultados obtenidos según el tipo de modelo de diseño establecido por la norma UNE EN 23585:2017 “Edificio de almacenamiento en altura (Tabla 1.4)” de la aplicación diseñada con los obtenidos con la aplicación de la empresa del grupo supra.

Parámetro	Excel	Supra	Error
Profundidad de la capa de humos (d_1) [m]	2	2	0,00%
Altura media del local [m]	9	9	0,00%
Superficie de la instalación [m^2]	2526,62	No calcula	
Área de incendio (A_f) [m^2]	40,64	40,64	0,00%
Perímetro de incendio (P) [m]	16,64	16,64	0,00%
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo}) [kW/m^2]	250	250	0,00%
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto}) [kW/m^2]	625	625	0,00%
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo}) [kW]	8128	8128	0,00%
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto}) [kW]	20320	20320	0,00%
Caudal másico de humos (M_f) [kg/s]	57,94	57,94	0,00%
Temperatura de la capa de humos opción extracción mecánica (T_1) [K]	341	No calcula	
Temperatura de la capa de humos opción extracción natural (T_1) [K]	342,33	342,33	0,00%
Profundidad mínima de la capa de humos [m]	1,90	No calcula	
Superficie aerodinámica	29,60	29,17	1,46%
Número mínimo de puntos de extracción (N)	4	No calcula	
Caudal total de extracción	103,68	103,26	0,41%

Tabla 9. comparativa edificio almacenamiento en altura

A partir de los datos mostrados en esta tabla comparativa, al igual que en la tabla anterior se puede observar que casi todos los resultados obtenidos son iguales excepto la superficie aerodinámica en la que se obtiene con un 1,46% de error y el caudal total de extracción, al igual que en los ejemplos anteriores con un porcentaje de error del 0,41%. Para este tipo de instalaciones la aplicación [Supra SCTEH](#) al igual que la aplicación diseñada (Excel) sí calcula de forma automática todos los resultados.

Para concluir, se puede observar que en los ejemplos de validación para los distintos modelos de diseño solo varían los resultados de la superficie aerodinámica y el caudal de extracción, este error se debe a que no se han empleado los mismos parámetros predeterminados para ambas aplicaciones y a que la aplicación [Supra SCTEH](#) no diferencia la temperatura de la capa de humos para la opción de extracción natural y mecánica.

Los cálculos de SCTEH con ambas aplicaciones se reflejan en el anexo I.

10 CONCLUSIONES Y CONTINUIDAD DEL TFG

Para la realización de este TFG, cuyo objetivo principal es el desarrollo de una aplicación informática para el diseño, cálculo y dimensionado de un SCTEH según la Norma UNE 23585:2017, lo primero que he hice fue estudiar un poco los conceptos básicos de la protección contra incendios, desarrollo de estos y los factores que afectan al desarrollo de incendios.

Después de estudiar los conceptos básicos sobre incendios y protección contra estos, estudié la normativa general sobre instalaciones de protección contra incendios (PCI) en lo relacionado a los SCTEH, pero sobre todo estudié en profundidad la normativa UNE EN 23585:2017 "Seguridad Contra incendios. Sistemas de control de humo y calor. Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control y temperatura y evacuación de humos (SCTEH) en caso de incendio estacionario" que es la normativa en la que prácticamente se basa todo el trabajo, que hasta el momento para mí era totalmente desconocida por lo que me ha permitido adquirir una gran cantidad de conocimientos respecto a este tema.

Además, estuve revisando e investigando la información sobre diseño y cálculo de SCTEH de fabricantes y empresas del sector de las instalaciones de PCI, informándome en páginas web y leyendo artículos de estos para ampliar conocimientos.

Una vez adquiridos todos estos conocimientos seleccione los parámetros más significativos sobre el diseño y dimensionado del SCTEH para el desarrollo de la aplicación informática, siendo estos los siguientes:

- Flujo de calor liberado
- Flujo de calor convectivo
- Altura libre de humos
- Parámetros de los rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)
- Masa circulante
- Depósito de humos
- Profundidad de la capa de humos
- Temperatura de la capa de humos
- Superficie aerodinámica libre
- Capacidad total de extracción de los aireadores mecánicos

Una vez estudiados y seleccionados los parámetros más importantes para el diseño y dimensionado del SCTEH, desarrollé paso por paso el algoritmo general de cálculo para programar la aplicación informática (apartado 8.2) para tener una visión general.

A continuación, una vez desarrollado el algoritmo pasé a desarrollar la aplicación, para el desarrollo de esta se ha empleado el programa Microsoft Excel, ya que este programa es muy conocido y se utiliza en gran cantidad de empresas por lo que a los usuarios no les resultará difícil hacerse al entorno de este. El desarrollo de la aplicación con Excel, me ha permitido ampliar mis conocimientos sobre este ya que solo sabía utilizar lo básico y esto será de gran utilidad para mi futuro laboral.

Una vez terminado todo el desarrollo de la aplicación se ha realizado un manual de usuario (apartado 8.3) muy detallado, explicando todo el funcionamiento de la aplicación informática paso a paso con el fin de que cualquier usuario que vaya a utilizar la aplicación informática sea capaz de saber el funcionamiento de esta sin necesidad de leerse todo el contenido de la memoria.

Para concluir el trabajo, se ha realizado una validación de resultados de la aplicación desarrollada, estudiando un caso de diseño de SCTEH para cada modelo de incendio con dicha aplicación y la desarrollada por la empresa Grupo Supra ([Supra SCTEH](#)), esta empresa murciana fue creada en 2004 y se dedica al sector de la ingeniería de protección contra incendios y seguridad. La validación se ha realizado con éxito ya que todos los parámetros de diseño y resultados son prácticamente iguales con ambas aplicaciones para todos los modelos de diseño, como se ha podido comprobar en el apartado 9.

Este trabajo se podría ser continuado, incluyendo en la aplicación las influencias externas a la hora de diseñar los SCTEH tales como la nieve, el viento, la temperatura ambiente, etc. Así se tendrían en cuenta las diferentes presiones diferenciales y fuerzas que pueden afectar a los aireadores y el cálculo sería más adecuado.

También se podría incluir en la aplicación la presencia de las barreras de humo y el diseño de estas. Así mismo se podría añadir las influencias de las zonas de sobrepresión y/o las zonas de succión de la instalación a estudiar sobre el SCTEH. Además, se podría ampliar la base de datos, incluyendo más modelos tanto de ventiladores como de exutorios. De esta forma la aplicación se quedaría más completa.

BIBLIOGRAFÍA

Normativa

Norma UNE 23585:2017 “Seguridad contra incendios. Sistemas de control de humo y calor. Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos (SCTEH) en caso de incendio estacionario”

Código Técnico de la Edificación (CTE)

Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI)

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI)

Páginas web

Grupo supra <http://scteh.gruposupra.es/>

Cottes group <https://www.cottesgroup.com/>

Prefiere <https://www.prefire.es/exutorios.php>

Sodeca <https://www.sodeca.com/es/>

Grupo prointex <https://www.grupoprointex.com/>

Expower <http://www.expower.es/>

Referencias

Modelados y simulación computacional de incendios en edificación. D. Alvear, G. Rein y M. Lázaro. 1 enero 2017.

Proyecto de ejecución del sistema de control de humos en una planta de fabricación de productos de confitería. Escuela Técnica Superior de ingeniería Universidad de Sevilla, Pedro Antonio Flores Torné, 2016.

Análisis y diseño de una aplicación informática de la norma UNE 23585:2004 de Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos para naves de una sola planta con actividad industrial, incluida la de almacenamiento. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, Raquel Carrasco Noguera, 2016.

Análisis de Sistema de Evacuación de Humos en una Nave Industrial con software FDS. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla, Antonio Urzaiz García- O'Neill, 2018.

Estado del arte de los diferentes métodos de cálculo de un sistema de evacuación de humos. Grado de Ingeniería Química. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla, Laura Naranjo Zamudio, 2017.

ANEXOS

Anexo I. Informes de los casos estudiados para la validación de la aplicación desarrollada con aplicación [Supra SCTEH](#)



supra

**INFORME DE CÁLCULO PRESCRIPTIVO DE
SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA
Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)**

SEGÚN NORMA UNE 23.585 (2017)

**Validación Áreas de venta inferiores a 1000m², oficinas y habitaciones de
hotel (tabla 1.1)**

Arturo Jarillo

artu_jarillo@hotmail.com

Este informe ha sido elaborado automáticamente con la herramienta de cálculo prescriptivo SUPRA SCTEH. Esta basado en la norma UNE 23.585 de noviembre de 2017.

Parametros constantes

Tamb: Temperatura ambiente [°C]	20 °C
Tamb: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
c: Calor especifico del aire [kJ/kg K]	1,004 kJ/kg K
Ce: Coeficiente caudal de entrada en gran penacho	0,188 Kg/(m ² ·sg)
Ce: Coeficiente caudal de entrada pequeño penacho	0,337 Kg/(m ² ·sg)
ρ: Densidad aire [kg/m ³]	1,23 Kg/m ³
g: Aceleración gravedad [m/s ²]	9,81 m/Sg ²

Datos de la geometría del edificio

l: Longitud [m]	32.25 m
a: Anchura [m]	17.5 m
N: Nº Depósitos de humos adoptado (max 60 m largo y 2000 m ² superficie)	1 Ud
A: Área del depósito de humos mas pequeño [m ²]	189.78 m ²
hmax: Altura max [m] (cubrerera o falso techo)	5 m
hmin: Altura min [m] (cabeza pilar o falso techo)	4.2 m
hl: Altura de almacenaje [m]	2 m
w: Anchura del almacenaje [m] (para calculo de qf según tabla 1.4)	1 m
¿Se considera un silo de almacenamiento?	No
Y: Altura libre de humos [m], minimo 50 cm por encima del almacenamiento (en caso de silo se puede inundar de humo 1/3 de la parte superior del almacenamiento)	3 m
Profundidad de la capa de humos	1.6 m
Altura media	4.6 m

Datos para calculo de HRR (Según tabla 1,4 de UNE 23585)

¿El edificio tiene rociadores en Techo?	Si
¿El edificio tiene rociadores en Intermedios?	No
Ts: Temperatura de disparo de rociadores [°C]	68 °C
Ar: Área de operación de rociadores [m2]	7 m2

Cálculo del area, perímetro del incendio y flujo de calor liberado según tabla 1.4 UNE 23585

	Area m2	Perimetro m	qf Bajo Kw/m2	qf Alto Kw/m2
Con rociadores de techo	3.62666666666667	4.88	250	625
Con rociadores intermedios	1.81333333333333	2.44	250	625
Silo, con rociadores de techo	4.82666666666667	8.48	250	625
Silo, con rociadores intermedios	2.41333333333333	4.24	250	625
Sin rociadores	81	36	250	1250

Modelo de incendio de diseño definido

Af: Area del incendio [m2] (Nunca mayor de 81 m2)	10 m2
Perimetro del incendio [m] (Nunca mayor de 36 mts)	12 m
qf (Bajo): Flujo de calor liberado bajo [kw/m2]	625 Kw/m2
qf (Alto): Flujo de calor liberado alto [kw/m2]	625 Kw/m2

Calculo de Mf en gran incendio basado en altura libre de humo Y

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg] 11.722519865626 Kg/sg

Comprobación que la temperatura de la capa de humos es mayor de 20°C por encima de la ambiente (qf bajo)

$$Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	5000 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	424.83013365394 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	444.83013365394 °C
T: Tª media absoluta de la capa de humos [K]	717.83013365394 K
Incremento de temperatura minimo correcto θl > 20°C (Si/No)	Si

Calculo de Temperatura de la capa de humos para Flujo de calor liberado alto (qf)

Según la norma UNE 23585:2017, tenemos que tener en cuenta el valor de qf alto para comprobar la temperatura maxima de la capa de humos a fin de que el calculista disponga su proteccion termica estructural en caso necesario.

Utilizando la siguiente formula y despejando la temperatura obtenemos el valor medio de temperatura de la capa de humos para

$$M_f = \frac{Q_f}{c \cdot \Theta_1} \quad Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo alto [kw]	5000 Kw
Mf: Masa cirulante de gases de humo [Kg/sg]	11.722519865626 Kg/sg
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	424.83013365394 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	444.83013365394 °C

Calculo de la temperatura media de la capa de humos con rociadores, teniendo en cuenta el enfriamiento de la capa de humos por el efecto de los rociadores

En caso de tener rociadores y la temperatura de disparo de estos este por debajo de la temperatura media de la capa de humos, hay que tener en cuenta el efecto de enfriamiento que estos producen en la capa de humos.

Este efecto se tiene en cuenta aplicando la siguiente formula:

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{c \cdot M_1} \quad T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)] + [(\theta_1 + T_0) \cdot A_r]}{A}$$

Tr: Temperatura activacion rociadores absoluta [K]	341 K
A: Area del deposito de humos mas reducido [m2]	189.78 m2
Ar: Area de operación de los rociadores [m2]	7 m2
θ1: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	424.83013365394 °C
To: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
T1: Temperatura media absoluta de la capa de humos con rociadores [k]	354.89930938759 K
T1: Tª media de la capa de humos con rociadores [°C]	81.899309387594 °C
Tª Act Roc: Tempertura disparo rociadores	68 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [°C]	444.83013365394 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [K]	717.83013365394 K
Tª Act Roc es menor que la Tª Cap Humos SR?	Si
T1: Temperatura absoluta teniendo en cuenta rociadores:	354.89930938759 K
T1: Temperatura absoluta sin rociadores	717.83013365394 K

CALCULO DE LA SUPERFICIE AERODINAMICA TOTAL NECESARIA:

Para calcular la superficie aerodinamica, es necesario utilizar la temperatura absoluta de la capa de humos. En el caso de existencia de rociadores si la temperatura de activacion esta por debajo de la temperatura media de la capa de humos, esta se enfriara, por lo que el valor de la Temperatura absoluta de la capa de humos sera menor.

$$Av \cdot Cv = \frac{Ml}{\rho} \cdot \left(\frac{Tl^2 + Tl \cdot Tamb}{2 \cdot g \cdot dl \cdot \theta l \cdot Tamb} \right)^{0,5}$$

Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	354.89930938759 K
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	61.899309387594 °C
Av·Cv: Superficie aerodinamica total	6.0566990794597 m2

OPCION EXTRACCION NATURAL

Selección de tipo de exutorio y número de exutorios

Ancho exutorio [mm]	2000 mm
Largo exutorio [mm]	1500 mm
Cv: Coeficiente aerodinámico	0.65
Av: Sup. Geometrica exutorio [m2]	3 m2
AvCv: Sup. Aerodinamica exutorio [m2]	1.95 m2
Ancho de la obstrucción [mm]	100 mm
Largo de la obstrucción [mm]	2000 mm
Reducción sup. geometrica exutorio (doble) [m2]	0.4 m2
Superficie geométrica util del exutorio	2.6 m2
Superficie aerodinamica util del exutorio	1.69 m2
Superficie aerodinámica minima necesaria calculada	6.0566990794597 m2
Número de exutorios	3.5838456091477 Ud
Número de exutorios adoptados	4 Ud
Número de depósitos de humo	1 Ud
Número total de exutorios en el establecimiento	4 Ud

OPCION EXTRACCION MECANICA

Capacidad total de los aireadores mecánicos

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	11.722519865626 Kg/sg
Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = $0,8 \cdot qf \cdot Af$	5000 Kw
θ_l : Tª media del humo por encima ambiente [°C]	424.83013365394 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C] para qf alto	444.83013365394 °C
Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	717.83013365394 K
VI: Caudal de la masa de humos [m3/sg] $V=(Mf \cdot Tc)/(\rho \cdot T \text{ amb})$	23.349088492753 m3/sg
VI: Caudal de la masa de humos [m3/h] por depósito de humos	84056.718573912 m3/h

Recordar que, según UNE 23.585, tenéis que hacer las siguientes comprobaciones para asegurarnos que el cálculo es correcto:

- 1.- Comprobar si la capa de humos tiene la profundidad mínima necesaria, en caso de no tenerla habrá que modificar la altura libre de humos.
- 2.- Comprobar si el numero de exutorios definidos es suficiente para evitar el efecto Vórtice o Plugholding, en caso de no ser suficientes habrá que añadir mas equipos para el cálculo este correcto.
- 3.- Calcular la longitud de la cortina de humos, en caso de ser necesaria, teniendo en cuenta el efecto de desviación por presión derivada de la flotabilidad de los humos.
- 4.- En caso de tener superficies de entrada y salida diferentes, por ejemplo, con entrada de aire por puertas y huecos y salida por exutorios, las superficies aerodinámicas de salida cambian a las calculadas en este informe.

En caso de querer que les ayudemos con estas cuestiones no duden en ponerse en contacto con nuestro departamento de ingeniería pulsando en el link del email recibido o por cualquier otro medio.

Estaremos encantados de atenderles de forma totalmente gratuita.

Grupo Supra a 15-10-2020



supra

**INFORME DE CÁLCULO PRESCRIPTIVO DE
SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA
Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)**

SEGÚN NORMA UNE 23.585 (2017)

**Validación Áreas de venta superiores a 1000m² con productos almacenados,
con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones.
(tabla 1.2)**

Arturo Jarillo

artu_jarillo@hotmail.com

Este informe ha sido elaborado automáticamente con la herramienta de cálculo prescriptivo SUPRA SCTEH. Esta basado en la norma UNE 23.585 de noviembre de 2017.

Parametros constantes

Tamb: Temperatura ambiente [°C]	20 °C
Tamb: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
c: Calor especifico del aire [kJ/kg K]	1,004 kJ/kg K
Ce: Coeficiente caudal de entrada en gran penacho	0,188 Kg/(m2-sg)
Ce: Coeficiente caudal de entrada pequeño penacho	0,337 Kg/(m2-sg)
ρ : Densidad aire [kg/m3]	1,23 Kg/m3
g: Aceleración gravedad [m/s2]	9,81 m/Sg2

Datos de la geometría del edificio

l: Longitud [m]	54.7 m
a: Anchura [m]	35.3 m
N: Nº Depósitos de humos adoptado (max 60 m largo y 2000 m2 superficie)	1 Ud
A: Área del depósito de humos mas pequeño [m2]	786.42 m2
hmax: Altura max [m] (cubrerera o falso techo)	5 m
hmin: Altura min [m] (cabeza pilar o falso techo)	4 m
hl: Altura de almacenaje [m]	2 m
w: Anchura del almacenaje [m] (para calculo de qf según tabla 1.4)	2 m
¿Se considera un silo de almacenamiento?	No
Y: Altura libre de humos [m], minimo 50 cm por encima del almacenamiento (en caso de silo se puede inundar de humo 1/3 de la parte superior del almacenamiento)	3.2 m
Profundidad de la capa de humos	1.3 m
Altura media	4.5 m

Datos para calculo de HRR (Según tabla 1,4 de UNE 23585)

¿El edificio tiene rociadores en Techo?	Si
¿El edificio tiene rociadores en Intermedios?	No
Ts: Temperatura de disparo de rociadores [°C]	70 °C
Ar: Área de operación de rociadores [m2]	8 m2

Cálculo del area, perímetro del incendio y flujo de calor liberado según tabla 1.4 UNE 23585

	Area m2	Perimetro m	qf Bajo Kw/m2	qf Alto Kw/m2
Con rociadores de techo	6.29333333333333	6.88	250	625
Con rociadores intermedios	3.14666666666667	3.44	250	625
Silo, con rociadores de techo	7.63733333333333	10.912	250	625
Silo, con rociadores intermedios	3.81866666666667	5.456	250	625
Sin rociadores	81	36	250	1250

Modelo de incendio de diseño definido

Af: Area del incendio [m2] (Nunca mayor de 81 m2)	20.25 m2
Perimetro del incendio [m] (Nunca mayor de 36 mts)	18 m
qf (Bajo): Flujo de calor liberado bajo [kw/m2]	250 Kw/m2
qf (Alto): Flujo de calor liberado alto [kw/m2]	625 Kw/m2

Calculo de Mf en gran incendio basado en altura libre de humo Y

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Mf: Masa cirulante de gases de humo [Kg/sg] 19.3711463318 Kg/sg

Comprobación que la temperatura de la capa de humos es mayor de 20°C por encima de la ambiente (qf bajo)

$$Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	4050 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	208.24087912705 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	228.24087912705 °C
T: Tª media absoluta de la capa de humos [K]	501.24087912705 K
Incremento de temperatura minimo correcto θl > 20°C (Si/No)	Si

Calculo de Temperatura de la capa de humos para Flujo de calor liberado alto (qf)

Según la norma UNE 23585:2017, tenemos que tener en cuenta el valor de qf alto para comprobar la temperatura maxima de la capa de humos a fin de que el calculista disponga su proteccion termica estructural en caso necesario.

Utilizando la siguiente fomula y despejando la temperatura obtenemos el valor medio de temperatura de la capa de humos para

$$M_f = \frac{Q_f}{c \cdot \Theta_1} \quad Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo alto [kw]	10125 Kw
Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	19.3711463318 Kg/sg
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	520.60219781762 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	540.60219781762 °C

Calculo de la temperatura media de la capa de humos con rociadores, teniendo en cuenta el enfriamiento de la capa de humos por el efecto de los rociadores

En caso de tener rociadores y la temperatura de disparo de estos este por debajo de la temperatura media de la capa de humos, hay que tener en cuenta el efecto de enfriamiento que estos producen en la capa de humos.

Este efecto se tiene en cuenta aplicando la siguiente formula:

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{c \cdot M_1} \quad T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)] + [(\theta_1 + T_0) \cdot A_r]}{A}$$

Tr: Temperatura activacion rociadores absoluta [K]	343 K
A: Area del deposito de humos mas reducido [m2]	786.42 m2
Ar: Area de operación de los rociadores [m2]	8 m2
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	208.24087912705 °C
To: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
Tl: Temperatura media absoluta de la capa de humos con rociadores [k]	344.60973402637 K
Tl: Tª media de la capa de humos con rociadores [°C]	71.609734026368 °C
Tª Act Roc: Tempertura disparo rociadores	70 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [°C]	228.24087912705 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [K]	501.24087912705 K
Tº Act Roc es menor que la Tª Cap Humos SR?	Si
Tl: Temperatura absoluta teniendo en cuenta rociadores:	344.60973402637 K
Tl: Temperatura absoluta sin rociadores	501.24087912705 K

CALCULO DE LA SUPERFICIE AERODINAMICA TOTAL NECESARIA:

Para calcular la superficie aerodinamica, es necesario utilizar la temperatura absoluta de la capa de humos. En el caso de existencia de rociadores si la temperatura de activacion esta por debajo de la temperatura media de la capa de humos, esta se enfriara, por lo que el valor de la Temperatura absoluta de la capa de humos sera menor.

$$Av \cdot Cv = \frac{Ml}{\rho} \cdot \left(\frac{Tl^2 + Tl \cdot Tamb}{2 \cdot g \cdot dl \cdot \theta l \cdot Tamb} \right)^{0,5}$$

TI: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	344.60973402637 K
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	51.609734026368 °C
Av·Cv: Superficie aerodinamica total	11.886955904896 m2

OPCION EXTRACCION NATURAL

Selección de tipo de exutorio y número de exutorios

Ancho exutorio [mm]	2000 mm
Largo exutorio [mm]	2000 mm
Cv: Coeficiente aerodinámico	0.65
Av: Sup. Geometrica exutorio [m2]	4 m2
AvCv: Sup. Aerodinamica exutorio [m2]	2.6 m2
Ancho de la obstrucción [mm]	100 mm
Largo de la obstrucción [mm]	2000 mm
Reducción sup. geometrica exutorio (doble) [m2]	0.4 m2
Superficie geométrica util del exutorio	3.6 m2
Superficie aerodinamica util del exutorio	2.34 m2
Superficie aerodinámica minima necesaria calculada	11.886955904896 m2
Número de exutorios	5.0798956858528 Ud
Número de exutorios adoptados	6 Ud
Número de depósitos de humo	1 Ud
Número total de exutorios en el establecimiento	6 Ud

OPCION EXTRACCION MECANICA

Capacidad total de los aireadores mecánicos

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	19.3711463318 Kg/sg
Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	10125 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	520.60219781762 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C] para qf alto	540.60219781762 °C
Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	813.60219781762 K
VI: Caudal de la masa de humos [m3/sg] $V=(Mf \cdot Tc)/(p \cdot T \text{ amb})$	43.731533144091 m3/sg
VI: Caudal de la masa de humos [m3/h] por depósito de humos	157433.51931873 m3/h

Recordar que, según UNE 23.585, tenéis que hacer las siguientes comprobaciones para asegurarnos que el cálculo es correcto:

- 1.- Comprobar si la capa de humos tiene la profundidad mínima necesaria, en caso de no tenerla habrá que modificar la altura libre de humos.
- 2.- Comprobar si el número de exutorios definidos es suficiente para evitar el efecto Vórtice o Plugholding, en caso de no ser suficientes habrá que añadir más equipos para el cálculo este correcto.
- 3.- Calcular la longitud de la cortina de humos, en caso de ser necesaria, teniendo en cuenta el efecto de desviación por presión derivada de la flotabilidad de los humos.
- 4.- En caso de tener superficies de entrada y salida diferentes, por ejemplo, con entrada de aire por puertas y huecos y salida por exutorios, las superficies aerodinámicas de salida cambian a las calculadas en este informe.

En caso de querer que les ayudemos con estas cuestiones no duden en ponerse en contacto con nuestro departamento de ingeniería pulsando en el link del email recibido o por cualquier otro medio.

Estaremos encantados de atenderles de forma totalmente gratuita.

Grupo Supra a 15-10-2020



supra

**INFORME DE CÁLCULO PRESCRIPTIVO DE
SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA
Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)**

SEGÚN NORMA UNE 23.585 (2017)

Validación Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada (tabla 1.3)

Arturo Jarillo

artu_jarillo@hotmail.com

654916200

www.gruposupra.es

Powered by SUPRA SCTEH

Este informe ha sido elaborado automáticamente con la herramienta de cálculo prescriptivo SUPRA SCTEH. Esta basado en la norma UNE 23.585 de noviembre de 2017.

Parametros constantes

Tamb: Temperatura ambiente [°C]	20 °C
Tamb: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
c: Calor especifico del aire [kJ/kg K]	1,004 kJ/kg K
Ce: Coeficiente caudal de entrada en gran penacho	0,188 Kg/(m ² -sg)
Ce: Coeficiente caudal de entrada pequeño penacho	0,337 Kg/(m ² -sg)
ρ: Densidad aire [kg/m ³]	1,23 Kg/m ³
g: Aceleración gravedad [m/s ²]	9,81 m/Sg ²

Datos de la geometría del edificio

l: Longitud [m]	68.12 m
a: Anchura [m]	42.51 m
N: Nº Depósitos de humos adoptado (max 60 m largo y 2000 m ² superficie)	2 Ud
A: Área del depósito de humos mas pequeño [m ²]	1325.21 m ²
hmax: Altura max [m] (cubrerera o falso techo)	9 m
hmin: Altura min [m] (cabeza pilar o falso techo)	7.8 m
hl: Altura de almacenaje [m]	4 m
w: Anchura del almacenaje [m] (para calculo de qf según tabla 1.4)	2 m
¿Se considera un silo de almacenamiento?	No
Y: Altura libre de humos [m], minimo 50 cm por encima del almacenamiento (en caso de silo se puede inundar de humo 1/3 de la parte superior del almacenamiento)	6.6 m
Profundidad de la capa de humos	1.8 m
Altura media	8.4 m

Datos para calculo de HRR (Según tabla 1,4 de UNE 23585)

¿El edificio tiene rociadores en Techo?	Si
¿El edificio tiene rociadores en Intermedios?	No
Ts: Temperatura de disparo de rociadores [°C]	79 °C
Ar: Área de operación de rociadores [m2]	14 m2

Cálculo del area, perímetro del incendio y flujo de calor liberado según tabla 1.4 UNE 23585

	Area m2	Perimetro m	qf Bajo Kw/m2	qf Alto Kw/m2
Con rociadores de techo	14.5066666666667	9.76	250	625
Con rociadores intermedios	7.25333333333333	4.88	250	625
Silo, con rociadores de techo	20.1706666666667	18.256	250	625
Silo, con rociadores intermedios	10.0853333333333	9.128	250	625
Sin rociadores	81	36	250	1250

Modelo de incendio de diseño definido

Af: Area del incendio [m2] (Nunca mayor de 81 m2)	20.25 m2
Perimetro del incendio [m] (Nunca mayor de 36 mts)	18 m
qf (Bajo): Flujo de calor liberado bajo [kw/m2]	750 Kw/m2
qf (Alto): Flujo de calor liberado alto [kw/m2]	1875 Kw/m2

Calculo de Mf en gran incendio basado en altura libre de humo Y

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	57.378112500988 Kg/sg
--	-----------------------

Comprobación que la temperatura de la capa de humos es mayor de 20°C por encima de la ambiente (qf bajo)

$$Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	12150 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	210.90958029143 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	230.90958029143 °C
T: Tª media absoluta de la capa de humos [K]	503.90958029143 K
Incremento de temperatura minimo correcto θl > 20°C (Si/No)	Si

Calculo de Temperatura de la capa de humos para Flujo de calor liberado alto (qf)

Según la norma UNE 23585:2017, tenemos que tener en cuenta el valor de qf alto para comprobar la temperatura maxima de la capa de humos a fin de que el calculista disponga su proteccion termica estructural en caso necesario.

Utilizando la siguiente formula y despejando la temperatura obtenemos el valor medio de temperatura de la capa de humos para

$$M_f = \frac{Q_f}{c \cdot \Theta_1} \quad Q_f = 0,8 \cdot q_f \cdot A_f =$$

Qf: Flujo de calor convectivo alto [kw]	30375 Kw
Mf: Masa cirulante de gases de humo [Kg/sg]	57.378112500988 Kg/sg
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	527.27395072859 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C]	547.27395072859 °C

Calculo de la temperatura media de la capa de humos con rociadores, teniendo en cuenta el enfriamiento de la capa de humos por el efecto de los rociadores

En caso de tener rociadores y la temperatura de disparo de estos este por debajo de la temperatura media de la capa de humos, hay que tener en cuenta el efecto de enfriamiento que estos producen en la capa de humos.

Este efecto se tiene en cuenta aplicando la siguiente formula:

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{c \cdot M_1} \quad T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)] + [(\theta_1 + T_0) \cdot A_r]}{A}$$

Tr: Temperatura activacion rociadores absoluta [K]	352 K
A: Area del deposito de humos mas reducido [m2]	1325.21 m2
Ar: Area de operación de los rociadores [m2]	14 m2
θ1: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	210.90958029143 °C
To: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
T1: Temperatura media absoluta de la capa de humos con rociadores [k]	353.6048280077 K
T1: Tª media de la capa de humos con rociadores [°C]	80.604828007697 °C
Tª Act Roc: Tempertura disparo rociadores	79 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [°C]	230.90958029143 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [K]	503.90958029143 K
Tª Act Roc es menor que la Tª Cap Humos SR?	Si
T1: Temperatura absoluta teniendo en cuenta rociadores:	353.6048280077 K
T1: Temperatura absoluta sin rociadores	503.90958029143 K

CALCULO DE LA SUPERFICIE AERODINAMICA TOTAL NECESARIA:

Para calcular la superficie aerodinamica, es necesario utilizar la temperatura absoluta de la capa de humos. En el caso de existencia de rociadores si la temperatura de activacion esta por debajo de la temperatura media de la capa de humos, esta se enfriara, por lo que el valor de la Temperatura absoluta de la capa de humos sera menor.

$$Av \cdot Cv = \frac{Ml}{\rho} \cdot \left(\frac{Tl^2 + Tl \cdot Tamb}{2 \cdot g \cdot dl \cdot \theta l \cdot Tamb} \right)^{0,5}$$

Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	353.6048280077 K
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	60.604828007697 °C
Av·Cv: Superficie aerodinamica total	28.167385333363 m2

OPCION EXTRACCION NATURAL

Selección de tipo de exutorio y número de exutorios

Ancho exutorio [mm]	2000 mm
Largo exutorio [mm]	2000 mm
Cv: Coeficiente aerodinámico	0.65
Av: Sup. Geometrica exutorio [m2]	4 m2
AvCv: Sup. Aerodinamica exutorio [m2]	2.6 m2
Ancho de la obstrucción [mm]	100 mm
Largo de la obstrucción [mm]	2000 mm
Reducción sup. geometrica exutorio (doble) [m2]	0.4 m2
Superficie geométrica util del exutorio	3.6 m2
Superficie aerodinamica util del exutorio	2.34 m2
Superficie aerodinámica minima necesaria calculada	28.167385333363 m2
Número de exutorios	12.037344159557 Ud
Número de exutorios adoptados	13 Ud
Número de depósitos de humo	2 Ud
Número total de exutorios en el establecimiento	26 Ud

OPCION EXTRACCION MECANICA

Capacidad total de los aireadores mecánicos

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	57.378112500988 Kg/sg
Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	30375 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	527.27395072859 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C] para qf alto	547.27395072859 °C
Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	820.27395072859 K
VI: Caudal de la masa de humos [m3/sg] $V=(Mf \cdot T_c)/(p \cdot T_{amb})$	130.59677301405 m3/sg
VI: Caudal de la masa de humos [m3/h] por depósito de humos	470148.38285059 m3/h

Recordar que, según UNE 23.585, tenéis que hacer las siguientes comprobaciones para asegurarnos que el cálculo es correcto:

- 1.- Comprobar si la capa de humos tiene la profundidad mínima necesaria, en caso de no tenerla habrá que modificar la altura libre de humos.
- 2.- Comprobar si el numero de exutorios definidos es suficiente para evitar el efecto Vórtice o Plugholding, en caso de no ser suficientes habrá que añadir mas equipos para el cálculo este correcto.
- 3.- Calcular la longitud de la cortina de humos, en caso de ser necesaria, teniendo en cuenta el efecto de desviación por presión derivada de la flotabilidad de los humos.
- 4.- En caso de tener superficies de entrada y salida diferentes, por ejemplo, con entrada de aire por puertas y huecos y salida por exutorios, las superficies aerodinámicas de salida cambian a las calculadas en este informe.

En caso de querer que les ayudemos con estas cuestiones no duden en ponerse en contacto con nuestro departamento de ingeniería pulsando en el link del email recibido o por cualquier otro medio.

Estaremos encantados de atenderles de forma totalmente gratuita.

Grupo Supra a 15-10-2020



**INFORME DE CÁLCULO PRESCRIPTIVO DE
SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA
Y EVACUACIÓN DE HUMOS (SCTEH)**

SEGÚN NORMA UNE 23.585 (2017)

Validación Edificio de almacenamiento en altura (tabla 1.4)

Arturo Jarillo

artu_jarillo@hotmail.com

654916200

www.gruposupra.es

Powered by SUPRA SCTEH

Este informe ha sido elaborado automáticamente con la herramienta de cálculo prescriptivo SUPRA SCTEH. Esta basado en la norma UNE 23.585 de noviembre de 2017.

Parametros constantes

Tamb: Temperatura ambiente [°C]	20 °C
Tamb: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
c: Calor especifico del aire [kJ/kg K]	1,004 kJ/kg K
Ce: Coeficiente caudal de entrada en gran penacho	0,188 Kg/(m2-sg)
Ce: Coeficiente caudal de entrada pequeño penacho	0,337 Kg/(m2-sg)
ρ : Densidad aire [kg/m3]	1,23 Kg/m3
g: Aceleración gravedad [m/s2]	9,81 m/Sg2

Datos de la geometría del edificio

l: Longitud [m]	82.84 m
a: Anchura [m]	30.5 m
N: N° Depósitos de humos adoptado (max 60 m largo y 2000 m2 superficie)	2 Ud
A: Área del depósito de humos mas pequeño [m2]	620.88 m2
hmax: Altura max [m] (cubrerera o falso techo)	10 m
hmin: Altura min [m] (cabeza pilar o falso techo)	8 m
hl: Altura de almacenaje [m]	6 m
w: Anchura del almacenaje [m] (para calculo de qf según tabla 1.4)	4 m
¿Se considera un silo de almacenamiento?	Elige Opcion
Y: Altura libre de humos [m], minimo 50 cm por encima del almacenamiento (en caso de silo se puede inundar de humo 1/3 de la parte superior del almacenamiento)	7 m
Profundidad de la capa de humos	2 m
Altura media	9 m

Datos para calculo de HRR (Según tabla 1,4 de UNE 23585)

¿El edificio tiene rociadores en Techo?	Si
¿El edificio tiene rociadores en Intermedios?	No
Ts: Temperatura de disparo de rociadores [°C]	68 °C
Ar: Área de operación de rociadores [m2]	9 m2

Cálculo del area, perímetro del incendio y flujo de calor liberado según tabla 1.4 UNE 23585

	Area m2	Perimetro m	qf Bajo Kw/m2	qf Alto Kw/m2
Con rociadores de techo	40.64	16.64	250	625
Con rociadores intermedios	20.32	8.32	250	625
Silo, con rociadores de techo	39.12	21.12	250	625
Silo, con rociadores intermedios	19.56	10.56	250	625
Sin rociadores	81	36	250	1250

Modelo de incendio de diseño definido

Af: Area del incendio [m2] (Nunca mayor de 81 m2)	40.64 m2
Perimetro del incendio [m] (Nunca mayor de 36 mts)	16.64 m
qf (Bajo): Flujo de calor liberado bajo [kw/m2]	250 Kw/m2
qf (Alto): Flujo de calor liberado alto [kw/m2]	625.00 Kw/m2

Calculo de Mf en gran incendio basado en altura libre de humo Y

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg] 57.937297190007 Kg/sg

Calculo de la temperatura media de la capa de humos con rociadores, teniendo en cuenta el enfriamiento de la capa de humos por el efecto de los rociadores

En caso de tener rociadores y la temperatura de disparo de estos este por debajo de la temperatura media de la capa de humos, hay que tener en cuenta el efecto de enfriamiento que estos producen en la capa de humos.

Este efecto se tiene en cuenta aplicando la siguiente formula:

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{c \cdot M_1} \quad T_1 = \frac{[T_r \cdot (A - A_r)] + [(\theta_1 + T_0) \cdot A_r]}{A}$$

Tr: Temperatura activacion rociadores absoluta [K]	341 K
A: Area del deposito de humos mas reducido [m2]	620.88 m2
Ar: Area de operación de los rociadores [m2]	9 m2
θ1: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	139.73067302968 °C
To: Temperatura ambiente absoluta [K]	293 K
T1: Temperatura media absoluta de la capa de humos con rociadores [k]	342.32968698825 K
T1: Tª media de la capa de humos con rociadores [°C]	69.329686988254 °C
Tª Act Roc: Tempertura disparo rociadores	68 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [°C]	159.73067302968 °C
Temperatura capa de humos sin rociadores [K]	432.73067302968 K
Tª Act Roc es menor que la Tª Cap Humos SR?	Si
T1: Temperatura absoluta teniendo en cuenta rociadores:	342.32968698825 K
T1: Temperatura absoluta sin rociadores	432.73067302968 K

CALCULO DE LA SUPERFICIE AERODINAMICA TOTAL NECESARIA:

Para calcular la superficie aerodinamica, es necesario utilizar la temperatura absoluta de la capa de humos. En el caso de existencia de rociadores si la temperatura de activacion esta por debajo de la temperatura media de la capa de humos, esta se enfriara, por lo que el valor de la Temperatura absoluta de la capa de humos sera menor.

$$Av \cdot Cv = \frac{Ml}{\rho} \cdot \left(\frac{Tl^2 + Tl \cdot Tamb}{2 \cdot g \cdot dl \cdot \theta l \cdot Tamb} \right)^{0,5}$$

Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	342.32968698825 K
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	49.329686988254 °C
Av·Cv: Superficie aerodinamica total	29.169063533558 m2

OPCION EXTRACCION NATURAL

Selección de tipo de exutorio y número de exutorios

Ancho exutorio [mm]	2000 mm
Largo exutorio [mm]	2000 mm
Cv: Coeficiente aerodinámico	0.65
Av: Sup. Geometrica exutorio [m2]	4 m2
AvCv: Sup. Aerodinamica exutorio [m2]	2.6 m2
Ancho de la obstrucción [mm]	100 mm
Largo de la obstrucción [mm]	2000 mm
Reducción sup. geometrica exutorio (doble) [m2]	0.4 m2
Superficie geométrica util del exutorio	3.6 m2
Superficie aerodinamica util del exutorio	2.34 m2
Superficie aerodinámica minima necesaria calculada	29.169063533558 m2
Número de exutorios	12.465411766478 Ud
Número de exutorios adoptados	13 Ud
Número de depósitos de humo	2 Ud
Número total de exutorios en el establecimiento	26 Ud

OPCION EXTRACCION MECANICA

Capacidad total de los aireadores mecánicos

Mf: Masa circulante de gases de humo [Kg/sg]	57.937297190007 Kg/sg
Qf: Flujo de calor convectivo bajo [kw] = 0,8·qf·Af	20320 Kw
θl: Tª media del humo por encima ambiente [°C]	349.32668257421 °C
T: Tª media de la capa de humos [°C] para qf alto	369.32668257421 °C
Tl: Temperatura absoluta de la capa de humos [K]	642.32668257421 K
VI: Caudal de la masa de humos [m3/sg] $V=(Mf \cdot Tc)/(\rho \cdot T \text{ amb})$	103.26222120862 m3/sg
VI: Caudal de la masa de humos [m3/h] por depósito de humos	371743.99635102 m3/h

Recordar que, según UNE 23.585, tenéis que hacer las siguientes comprobaciones para asegurarnos que el cálculo es correcto:

- 1.- Comprobar si la capa de humos tiene la profundidad mínima necesaria, en caso de no tenerla habrá que modificar la altura libre de humos.
- 2.- Comprobar si el número de exutorios definidos es suficiente para evitar el efecto Vórtice o Plugholding, en caso de no ser suficientes habrá que añadir más equipos para el cálculo este correcto.
- 3.- Calcular la longitud de la cortina de humos, en caso de ser necesaria, teniendo en cuenta el efecto de desviación por presión derivada de la flotabilidad de los humos.
- 4.- En caso de tener superficies de entrada y salida diferentes, por ejemplo, con entrada de aire por puertas y huecos y salida por exutorios, las superficies aerodinámicas de salida cambian a las calculadas en este informe.

En caso de querer que les ayudemos con estas cuestiones no duden en ponerse en contacto con nuestro departamento de ingeniería pulsando en el link del email recibido o por cualquier otro medio.

Estaremos encantados de atenderles de forma totalmente gratuita.

Grupo Supra a 15-10-2020

Anexo II. Informes de los casos estudiados para la
validación de la aplicación desarrollada con
aplicación desarrollada

Áreas de venta inferiores a 1000 m², oficinas y habitaciones de hotel

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_{amb})	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Coefficiente caudal de entrada (C_e)	0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si	
Factor de cuelgue (γ)	78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)	32,25	m
Anchura (a)	17,5	m
Altura máxima ($h_{m\acute{a}x}$)	5	m
Altura mínima ($h_{m\acute{i}n}$)	4,2	m
¿Incluye rociadores?	Si	
Altura de almacenaje (h)	2	m
Altura libre de humos (Y)	3	m
Ancho de la abertura (w)	7	m
Anchura del depósito de humos (W_1)	10,63	m
Área del depósito de humos más pequeño (A)	189,78	m ²
Número de depósitos de humos adoptado	1	Ud
Profundidad de la capa de humos (d_1)	1,6	m
Altura media del local (h_{med})	4,6	m
Superficie de la instalación	564,375	m ²

Uso o aplicación
Áreas de venta inferiores a 1000 m ²

Objetivo del SCTEH
Protección de los bienes y propiedades

Parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)		
Tipo de rociadores:		
Respuesta normal		
Temperatura de activación rociadores/disparo (T_r)	341	K
Área de operación de rociadores (A_r)	7	m ²

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo		
Área de incendio (A_f)	10	m ²
Perímetro de incendio (P)	12	m
Flujo de calor liberado (q_f)	625	KW/m ²
Flujo de calor convectivo (Q_f)	5000	kW

Cálculo de la masa circulante de gases	11,72	kg/s
---	-------	------

Comprobaciones previas al cálculo de la T_1		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	444,83	°C
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	717,83	K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	424,83	°C
¿Se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores?	No	

Temperatura capa de humos		
Sin rociadores en el depósito de humos		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	717,83	K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	444,83	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	424,83	°C
Con rociadores en el depósito de humos (sin despreciar el efecto de estos)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	341	K
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	354,90	K
Temperatura capa de humos (T_1)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	341	K
Temperatura de la capa de humos	68	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	48	°C
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	354,9	K
Temperatura de la capa de humos	81,9	°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	61,9	°C

Profundidad mínima de la capa de humos (d_1)	0,79	m
--	------	---

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica	6,70	m ²
Selección del modelo de exutorio	Cottes Duo Therma 2020	
Ancho exutorio (mm)	2000	mm
Largo exutorio (mm)	2000	mm
Superficie geométrica exutorio (m ²)	4	m ²

Coefficiente aerodinámico (C_v)	0,65	
Superficie aerodinámica exutorio (m^2)	2,6	m^2
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado	3	
Número de depósitos de humos	1	Ud
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento	3	Uds

Comprobación que no se produzca el efecto vórtice		
Número mínimo de puntos de extracción (N)	2	pts.
¿Dónde están montados los aireadores?		
Más lejos de una pared que la anchura característica de dicho aireador		
No se produce el efecto vórtice		

Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos	23,44	m^3/s
Número de puntos de extracción	2	pts.
Caudal de extracción por cada punto de extracción	11,72	m^3/s
	84399,81	m^3/h
Selección del modelo de ventilador	THT-160-6T/6-40	
Caudal de extracción máximo ventilador seleccionado	153700	m^3/h
Diámetro exterior	1735	mm

Este es un cálculo automático, a la hora de realizar los cálculos se ha considerado que el humo asciende directamente desde el combustible ardiendo a la capa térmicamente flotante en el depósito de humos. En este cálculo no se ha tenido en cuenta las características de las cortinas de humos (en el caso de que la instalación requiera estos dispositivos), tampoco se ha considerado las influencias externas ni las entradas de admisión de aire. En el caso de querer un informe más detallado no dude en ponerse en contacto con nosotros de forma gratuita.

Áreas de venta superiores a 1000 m² con productos almacenados con altura limitada. Cajas escénicas y escenarios. Recintos de exposiciones.

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_{amb})	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (C_e)	0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si	
Factor de cuelgue (γ)	78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)	54,7	m
Anchura (a)	35,3	m
Altura máxima ($h_{m\acute{a}x}$)	5	m
Altura mínima ($h_{m\acute{i}n}$)	4	m
¿Incluye rociadores?	Si	
Altura de almacenaje (h)	2	m
Altura libre de humos (Y)	3,2	m
Anchura del depósito de humos (W_1)	25,26	m
Área del depósito de humos más pequeño (A)	786,42	m ²
Número de depósitos de humos adoptado	1	Ud
Profundidad de la capa de humos (d_1)	1,3	m
Altura media del local (h_{med})	4,5	m
Superficie de la instalación	1930,91	m ²

Objetivo del scteh

Parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)		
Temperatura de activación rociadores/disparo (T_r)	343	K
Área de operación de rociadores (A_r)	8	m ²

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo		
Área de incendio (A_f)	20,25	m ²
Perímetro de incendio (P)	18	m
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo})	250	KW/m ²
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto})	625	KW/m ²
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo})	4050	kW
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto})	10125	kW

Cálculo de la masa circulante de gases	19,37	kg/s
---	-------	------

Comprobaciones previas al cálculo de la T₁		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	540,6	°C
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	813,6	K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	520,6	°C
¿Se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores?	No	

Temperatura capa de humos		
Sin rociadores en el depósito de humos		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	501,24	K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	228,24	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	208,24	°C
Con rociadores en el depósito de humos (sin despreciar el efecto de estos)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	343	K
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	344,61	K
Temperatura capa de humos (T₁)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	343	K
Temperatura de la capa de humos	70	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	50	°C
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	344,61	K
Temperatura de la capa de humos	71,61	°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	51,61	°C

Profundidad mínima de la capa de humos (d₁)	0,61	m
---	------	---

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica	12,08	m ²
Selección del modelo de exutorio	Cottes Duo Therma 2020	
Ancho exutorio (mm)	2000	mm
Largo exutorio (mm)	2000	mm
Superficie geométrica exutorio (m ²)	4	m ²
Coefficiente aerodinámico (C _v)	0,65	
Superficie aerodinámica exutorio (m ²)	2,6	m ²
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado	5	
Número de depósitos de humos	4	Uds
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento	20	Uds

Comprobación que no se produzca el efecto vórtice		
Número mínimo de puntos de extracción (N)	4	pts.
¿Dónde están montados los aireadores?		
En una pared o más cerca de la pared que la anchura característica del aireador		
No se produce el efecto vórtice		

Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos	43,91	m ³ /s
Número de puntos de extracción	4	pts.
Caudal de extracción por cada punto de extracción	10,98	m ³ /s
	158076,1051	m ³ /h
Selección del modelo de ventilador	THT-160-6T/6-50	
Caudal de extracción máximo ventilador seleccionado	170800	m ³ /h
Diámetro exterior	1735	mm

Este es un cálculo automático, a la hora de realizar los cálculos se ha considerado que el humo asciende directamente desde el combustible ardiendo a la capa térmicamente flotante en el depósito de humos. En este cálculo no se ha tenido en cuenta las características de las cortinas de humos (en el caso de que la instalación requiera estos dispositivos), tampoco se ha considerado las influencias externas ni las entradas de admisión de aire. En el caso de querer un informe más detallado no dude en ponerse en contacto con nosotros de forma gratuita.

Áreas de producción y/o apilamiento con altura limitada

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_{amb})	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Coeficiente caudal de entrada (C_e)	0,188	kg/m ² ·s
¿Es un recinto de gran espacio? (Si/No)	Si	
Factor de cuelgue (γ)	78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)	68,12	m
Anchura (a)	42,51	m
Altura máxima ($h_{m\acute{a}x}$)	9	m
Altura mínima ($h_{m\acute{i}n}$)	7,8	m
¿Incluye rociadores?	Si	
Altura de almacenaje (h)	4	m
Altura libre de humos (Y)	6,6	m
Anchura del depósito de humos (W_1)	18	m
Área del depósito de humos más pequeño (A)	1325,21	m ²
Número de depósitos de humos adoptado	2	Uds
Profundidad de la capa de humos (d_s)	1,8	m
Altura media del local (h_{med})	8,4	m
Superficie de la instalación	2895,78	m ²

Objetivo del scteh

Protección de los bienes y propiedades

Parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)

Temperatura de activación rociadores/disparo (T_r)	352	K
Área de operación de rociadores (A_r)	14	m ²

Clasificación del espacio a proteger en función del tipo de riego de incendio

Duración asumida del crecimiento del incendio	9	min
Categoría de diseño	Categoría 2	

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo		
Altura crítica de apilamiento	5	m
Área de incendio (A_f)	20,25	m^2
Perímetro de incendio (P)	18	m
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo})	750	KW/ m^2
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto})	1875	KW/ m^2
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo})	12150	kW
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto})	30375	kW

Cálculo de la masa circulante de gases	57,38	kg/s
---	-------	------

Comprobaciones previas al cálculo de la T_1		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	547,27	$^{\circ}C$
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	820,27	K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	527,27	$^{\circ}C$
¿Se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores?	No	

Temperatura capa de humos		
<i>Sin rociadores en el depósito de humos</i>		
Temperatura de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	503,91	K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1 = \theta_1 + T_{amb}$)	230,91	$^{\circ}C$
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	210,91	$^{\circ}C$
<i>Con rociadores en el depósito de humos (sin despreciar el efecto de estos)</i>		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	352	K
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	353,60	K
Temperatura capa de humos (T_1)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	352	K
Temperatura de la capa de humos	79	$^{\circ}C$
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	59	$^{\circ}C$
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	353,60	K
Temperatura de la capa de humos	80,60	$^{\circ}C$
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	60,60	$^{\circ}C$

Profundidad mínima de la capa de humos (d_1)	1,52	m
--	------	---

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica	28,56	m ²
Selección del modelo de exutorio	Cottes Duo Therma 2020	
Ancho exutorio (mm)	2000	mm
Largo exutorio (mm)	2000	mm
Superficie geométrica exutorio (m ²)	4	m ²
Coefficiente aerodinámico (C _v)	0,65	
Superficie aerodinámica exutorio (m ²)	2,6	m ²
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado	11	
Número de depósitos de humos	2	Uds
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento	22	Uds

Comprobación que no se produzca el efecto vórtice		
Número mínimo de puntos de extracción (N)	2	pts.
¿Dónde están montados los aireadores?		
En una pared o más cerca de la pared que la anchura característica del aireador		
No se produce el efecto vórtice		

Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos	131,13	m ³ /s
Número de puntos de extracción	2	pts.
Caudal de extracción por cada punto de extracción	65,56	m ³ /s
	472067,36	m ³ /h
Selección del modelo de ventilador	THT-160-6T/6-50	
Caudal de extracción máximo ventilador seleccionado	170800	m ³ /h
Diámetro exterior	1735	mm

Este es un cálculo automático, a la hora de realizar los cálculos se ha considerado que el humo asciende directamente desde el combustible ardiendo a la capa térmicamente flotante en el depósito de humos. En este cálculo no se ha tenido en cuenta las características de las cortinas de humos (en el caso de que la instalación requiera estos dispositivos), tampoco se ha considerado las influencias externas ni las entradas de admisión de aire. En el caso de querer un informe más detallado no dude en ponerse en contacto con nosotros de forma gratuita.

Edificio de almacenamiento en altura

Parámetros constantes	Valor	Unidad
Temperatura ambiente (T_{amb})	20	°C
Temperatura ambiente absoluta (T_0)	293	K
Calor específico del aire (c)	1,004	kJ/kg·K
Densidad aire (ρ)	1,225	kg/m ³
Gravedad (g)	9,81	m/s ²
Factor de cuelgue (γ)	78	
¿Hay presente un dintel o cuelgue estructural en ángulo recto con el flujo? (Si/No)	No	

Datos del edificio	Valor	Unidad
Longitud (l)	82,84	m
Anchura (a)	30,5	m
Altura máxima ($h_{m\acute{a}x}$)	10	m
Altura mínima ($h_{m\acute{i}n}$)	8	m
¿Se considera un silo? (Si/No)	No	
Anchura de la estantería (w)	4	m
Altura de la estantería (h)	6	m
Altura libre de humos (Y)	7	m
Anchura del depósito de humos (W_1)	14	m
Área del depósito de humos más pequeño (A)	620,88	m ²
Número de depósitos de humos adoptado	2	Uds
Temperatura de ignición de los materiales almacenados (solo si es un silo)	350	°C
Profundidad de la capa de humos (d_1)	2	m
Altura media del local (h_{med})	9	m
Superficie de la intalación	2526,62	m ²

Objetivo del scteh

Control de la temperatura de los gases calientes

Tipo y parámetros de rociadores (en el caso de que la instalación disponga de estos)

Tipo de rociadores	Rociadores de techo	
Temperatura de activación rociadores/disparo (T_r)	341	K
Área de operación de rociadores (A_r)	9	m ²

Cálculo del área y perímetro de incendio, flujo de calor liberado y flujo de calor convectivo

Área de incendio (A_i)	40,64	m ²
Perímetro de incendio (P)	16,64	m
Flujo de calor liberado bajo (q_{f_bajo})	250	KW/m ²
Flujo de calor liberado alto (q_{f_alto})	625	KW/m ²
Flujo de calor convectivo bajo (Q_{f_bajo})	8128	kW
Flujo de calor convectivo alto (Q_{f_alto})	20320	kW

Masa circulante de gases	57,94	kg/s
---------------------------------	-------	------

Efecto causado por los rociadores		
Temperatura de la capa de humos ($T_1=\theta_1+T_{amb}$)	369,33	°C
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1=\theta_1+T_{amb}$)	642,33	K
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	349,33	°C
¿Se puede ignorar el enfriamiento causado por los rociadores?	No	

Temperatura capa de humos		
Sin rociadores en el depósito de humos		
Temperatura de la capa de humos ($T_1=\theta_1+T_{amb}$)	432,73	K
Temperatura absoluta de la capa de humos ($T_1=\theta_1+T_{amb}$)	159,73	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	139,73	°C
Con rociadores en el depósito de humos (sin despreciar el efecto de estos)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	341	K
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	342,33	K
Temperatura capa de humos (T_1)		
<u>Sistemas de ventilación natural</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	341	K
Temperatura de la capa de humos	68	°C
Aumento de temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	48	°C
<u>Sistemas de extracción mecánica</u>		
Temperatura absoluta de la capa de humos (T_1)	342,33	K
Temperatura de la capa de humos	69,33	°C
Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la del ambiente (θ_1)	49,33	°C

Profundidad mínima de la capa de humos (d_1)	1,90	m
---	------	---

Opción sistema de ventilación natural		
Superficie aerodinámica	29,60	m ²
Selección del modelo de exutorio	Cottes Fumética 2020	
Ancho exutorio (mm)	2000	mm
Largo exutorio (mm)	2000	mm
Superficie geométrica exutorio (m ²)	4	m ²
Coefficiente aerodinámico (C_v)	0,64	
Superficie aerodinámica exutorio (m ²)	2,56	m ²
Número de exutorios a instalar del modelo seleccionado	12	Uds
Número de depósitos de humos	2	Uds
Número de exutorios total a instalar en el establecimiento	24	Uds

Comprobación que no se produzca el efecto vórtice		
Número mínimo de puntos de extracción (N)	4	Uds
¿Dónde están montados los aireadores?		
Más lejos de una pared que la anchura característica de dicho aireador		
No se produce el efecto vórtice		

Opción extracción mecánica		
Caudal total de extracción desde un depósito de humos	103,68	m ³ /s
Número de puntos de extracción	4	
Caudal de extracción por cada punto de extracción	25,92	m ³ /s
	93315,33	m ³ /h
Selección del modelo de ventilador	THT-160-6T/6-50	
Caudal de extracción máximo ventilador seleccionado	170800	m ³ /h
Diámetro exterior	1735	mm

Este es un cálculo automático, a la hora de realizar los cálculos se ha considerado que el humo asciende directamente desde el combustible ardiendo a la capa térmicamente flotante en el depósito de humos. En este cálculo no se ha tenido en cuenta las características de las cortinas de humos (en el caso de que la instalación requiera estos dispositivos), tampoco se ha considerado las influencias externas ni las entradas de admisión de aire. En el caso de querer un informe más detallado no dude en ponerse en contacto con nosotros de forma gratuita.