

Trabajo de Fin de Grado

**Grado en Ingeniería en Tecnologías industriales**

**Diseño de un sistema para la filtración de  
humos mediante radiación ultravioleta C**

**MEMORIA**

**Autor:** David Parrilla

**Director:** Carlos Sierra

**Convocatoria:** Junio 2016



Escuela Técnica Superior  
de Ingeniería Industrial



## **Resumen**

Este trabajo de fin de grado comprende el diseño de un sistema de filtración del humo de cocinas industriales a partir de lámparas de radiación ultravioleta C. Este producto será comercializado por la empresa LuisCapdevila,S.A.

Este tipo de filtración permite la eliminación de las grasas del flujo de aire, descomponiendo estas en otras partículas. Esto es de gran interés debido al gran número de inconveniencias que provoca la condensación de las grasas a lo largo del sistema de extracción de una cocina industrial.

A lo largo del proyecto se analizan los sistemas de extracción y se definen los inconvenientes provocados por las grasas condensadas, que son principalmente aumentar el riesgo de incendio y generar unos costes de mantenimientos elevados. También se determina el efecto de la radiación ultravioleta, que descompone la grasa en partículas que no condensan.

Seguidamente se procede al diseño del producto, se explican las diferentes piezas diseñadas y se justifican las diferentes decisiones técnicas. Se ha diseñado el producto de forma que sea seguro para los diferentes usuarios y a su vez maximice el efecto de las lámparas de luz ultravioleta C. En la fase de diseño se ha realizado un prototipo y comprobado el correcto funcionamiento de todo el sistema.

Por último se ha realizado un análisis de los costes del producto y de su impacto ambiental.



## Índice

Resumen.....	1
Listado de figuras y tablas .....	5
1. Título .....	6
2. Motivación personal.....	6
2.1 LuisCapdevila,S.A. ....	6
2.2 Antecedentes.....	7
3. Objetivos.....	7
3.1 Finalidad.....	7
3.2 Propósito .....	8
3.3 Alcance del proyecto .....	8
4. Programación y planificación .....	9
5. Introducción teórica .....	9
5.1 Ventilación en cocinas industriales .....	9
La grasa .....	10
5.2 Campanas extractoras .....	11
5.3 Filtros .....	13
5.3.1 Filtro supra.....	13
5.3.2 Filtro turbo.....	14
5.4 Radiación UV.....	14
5.4.1Radiación UVC.....	16
5.4.1.1 Efecto en las grasas .....	16
5.4.1.2 Aplicación en cocinas .....	17
6. Proceso de diseño .....	18
6.1 Consideraciones previas .....	18
6.2 Fabricación mediante el conformado de chapa metálica .....	18
6.3 Legislación i normativa aplicable.....	20
6.3.1 Directivas aplicables .....	20
6.3.2 Normas aplicables.....	20
6.4 Las lámparas .....	21
Posición de las lámparas .....	23

6.5 Protección de las lámparas .....	24
6.6 El controlador .....	25
Diseño de la carátula del controlador .....	26
6.7 Sistema eléctrico y seguridad .....	27
6.8 Prototipado.....	30
7. Mantenimiento del sistema.....	31
8. Estudio económico.....	32
8.1. Análisis de los costes y elaboración del presupuesto.....	32
8.2. Viabilidad económica .....	36
9. Impacto ambiental.....	36
Agradecimientos .....	37
Bibliografía .....	38

**Listado de figuras y tablas**

Figura 5.1. Campana extractora de pared..... 12

Figura 5.2. Campana extractora central..... 13

Figura 5.3. Filtro supra..... 13

Figura 5.4. Filtro turbo..... 14

Figura 5.5. Tipos de radiación electromagnética..... 15

Figura 5.6. Espectro de la radiación térmica..... 15

Figura 5.7. Reacción química producida por la radiación en las grasas..... 17

Figura 6.1. Radio de plegado..... 19

Figura 6.2. Dobladillo..... 19

Figura 6.3. Eliminación de cantos vivos..... 19

Figura 6.4. Lámparas en su estructura..... 21

Figura 6.5. Posición de las lámparas propuesta por Jimco..... 23

Figura 6.6. Modificación de la estructura..... 24

Figura 6.7. Colocación de las Lámparas..... 24

Figura 6.8. Protector de las lámparas..... 25

Figura 6.9. Filtros de aluminio..... 25

Figura 6.10. Pieza soporte del controlador..... 26

Figura 6.11. Posición del controlador en la campana..... 26

Figura 6.12. Carátula del controlador..... 27

Figura 6.13. Sensores magnéticos..... 28

Figura 6.14. Esquema del circuito eléctrico..... 29

Figura 6.15. Prototipo..... 30

Figura 7.1. Acceso a las lámparas..... 31

Figura 7.2. Retiro del protector..... 31

Tabla 4.1. Planificación..... 10

Tabla 8.1. Coste de material..... 33

Tabla 8.2. Coste de fabricación..... 34

Tabla 8.3. Precio total de instalación..... 35

Tabla 8.4. Coste de diseño..... 36

## **1. Título**

### **Diseño de un sistema para la filtración de humos mediante radiación ultravioleta**

#### **C.**

## **2. Motivación personal**

Durante el curso académico 2015-2016 he realizado prácticas en la empresa LuisCapdevila,S.A.. Durante este periodo he realizado toda una serie de proyectos relacionados con la ingeniería.

En el momento de escoger el tema del trabajo de final de grado se me ofreció la oportunidad de empezar un nuevo proyecto en la empresa que sirviera como trabajo de final de grado. Esto me permitía disponer de los recursos de la empresa para llevar a cabo el proyecto y llegar hasta la fase de prototipado.

### **2.1 LuisCapdevila,S.A.**

Luis Capdevila es una empresa familiar, que se estableció en Barcelona en 1977 con el propósito de fabricar y comercializar elementos para la filtración y el acondicionamiento del aire. Dispone de tres plantas productivas y diversos almacenes distribuidos por España.

Uno de los sectores en el que ha alcanzado mayor prestigio y difusión es en la extracción de humos en la hostelería. Luis Capdevila proporciona los productos a empresas que se encargan de su venta al cliente final, de la instalación y del mantenimiento.

La competencia en el sector crea la necesidad de desarrollar nuevos productos y mejorar los existentes, y de la particularización del producto (hacer productos a medida). Mis prácticas dentro de la empresa básicamente han consistido en cubrir estas necesidades, siempre bajo la supervisión de mi tutor de prácticas, el ingeniero de la empresa, que además de este cometido se encarga de la comercialización del producto en el extranjero.

Lluís Llofresa, mi tutor, se ha encargado de instruirme en todo lo necesario para el desarrollo de mis prácticas, supervisar mi trabajo constantemente, orientándome y indicándome todo aquello que cree que puede ser útil para mi carrera profesional, tenga o no que ver con el proyecto en el que esté trabajando.

## **2.2 Antecedentes**

Los sistemas de filtración del aire extraído que ofrece LuisCapdevila,S.A. se utilizan principalmente en cocinas industriales. Se basan en el concepto de eliminar las partículas de gran tamaño para proteger los componentes de la instalación y cumplir las normativas respecto a las condiciones del aire cuando se libera al exterior.

Estos sistemas no filtran las grasas de menor tamaño que se acaban condensando en la campana y en el conducto de extracción. Esto, además de aumentar el precio del mantenimiento, reduce la eficiencia del sistema de ventilación y aumenta el riesgo de incendio. Dependiendo de las características propias de cada instalación la limpieza de los conductos puede ser muy difícil o imposible.

Una de las formas más eficientes de reducir las grasas de tamaño reducido es el tratamiento del aire y el humo mediante radiación ultravioleta C. Actualmente LuisCapdevila,S.A. no tiene ningún producto que incorpore este tipo de filtración.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Finalidad**

El objetivo de este proyecto es dar una solución viable a la acumulación de grasas en las instalaciones de cocinas donde el coste de mantenimiento es muy alto y es especialmente importante reducir el riesgo de incendio.

Por este motivo se pretende adaptar las campanas para incorporar lámparas emisoras de luz ultravioleta C.



### **3.2 Propósito**

El objetivo es diseñar un sistema de filtración que:

- Permita reducir la condensación de grasas a lo largo del tubo de extracción.
- Incorpore las ventajas del tratamiento de humos con luz ultravioleta.
- Ocupe lo menos posible.
- Sea fácil de montar.
- Tenga un mantenimiento sencillo.
- Sea seguro.
- Se adapte a los productos existentes de la empresa LuisCapdevila,S.A..
- Se adapte a los procesos productivos de LuisCapdevila,S.A.
- Sea estéticamente atractivo.
- Tenga un coste relativamente bajo.

### **3.3 Alcance del proyecto**

El proyecto incluirá:

Diseño conceptual del sistema de filtración.  
Estudio del funcionamiento.  
Diseño para la fabricación de los componentes necesarios.  
Diseño de los sistemas de seguridad.  
Elección de los materiales.  
Construcción de un prototipo.

El proyecto no incluirá:

Diseño de las lámparas UVC.

#### **4. Programación y planificación**

Mes	Febrero				Marzo					Abril				Mayo				
Semana	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>Caracterización del proyecto</b>	■	■																
<b>Elección de la solución</b>			■	■														
<b>Desarrollo de la solución</b>					■	■	■	■	■	■	■	■	■					
<b>Prototipado y pruebas</b>							■	■	■	■	■	■	■					
<b>Venta del producto</b>														■	■	■	■	■

Tabla 4.1. Planificación.

Como se puede ver en el gráfico anterior el proyecto se ha dividido en una serie de etapas. La primera consiste en definir el proyecto y realizar un primer estudio del mercado, de los diferentes productos existentes. A partir de aquí se ha procedido a la búsqueda de la solución y seguidamente, una vez determinada, a su desarrollo. El perfeccionamiento de la solución se ha ido llevando a cabo mediante una etapa de prototipado. Finalmente se ha puesto el producto en venta una vez probado.

#### **5. Introducción teórica**

##### **5.1 Ventilación en cocinas industriales**

El sistema de ventilación de una cocina industrial debe garantizar la calidad del aire en el interior de la cocina. También debe aportar suficiente aire para que funcionen los distintos fuegos y evitar la acumulación de monóxido de carbono. Debe de ser fácil de limpiar, silencioso y sin vibraciones. Además debe prevenir el riesgo de incendio y la pérdida de eficiencia del sistema.

Los parámetros ideales en la cocina son: entre 22 y 26°C de temperatura, la humedad del aire debe de ser de aproximadamente el 70% y la velocidad del aire de menos de 0.5 m/s.

Cada concina tiene unas características diferentes, por este motivo es muy importante el diseño de un sistema de ventilación personalizado que evacue el aire contaminado,

caliente, y aporte aire nuevo, manteniendo las condiciones del aire de la cocina en un estado óptimo para trabajar.

Los factores que disminuyen la calidad del aire son principalmente: la grasa, el humo, los olores y el aire caliente. Estos se suelen producir en los elementos de cocción y en los aparatos de limpieza.

Salvo eventualidades, la mayor parte de las emisiones que tienen lugar en dichos procesos consiste en vapor de agua con arrastre de materias volátiles, originadas por las reacciones que sufren los componentes de los alimentos cocinados a consecuencia de la acción del calor.

Estos compuestos volátiles, especialmente los procedentes de la degradación de las grasas, son perceptibles por el sentido del olfato aún a las bajas concentraciones a las que se producen.

Se pueden distinguir dos clases de contaminantes

- Químicos: Vapores, humos y olores
  - Ácidos alifáticos y aromáticos.
  - Compuestos de azufre (sulfuros y ácido sulfhídrico).
  - Compuestos nitrogenados (amoníaco y aminas).
  - Ácidos grasos libres volátiles.
  - Alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos e hidrocarburos ligeros.
  
- Físicos: Calor

### La grasa

La grasa es uno de los residuos más dañinos producidos en la cocina. Puede ser líquido o sólido en forma de partícula suspendida en el aire. El tamaño de la partícula puede variar entre 0.01 y 100  $\mu\text{m}$ . Las grasas vaporizadas pueden ser incluso más pequeñas. Estos vapores se condensan en los conductos y en la campana.

La condensación de la grasa comporta toda una serie de consecuencias desfavorables: suciedad en la campana y los conductos, presencia de malos olores, goteo de grasa en las juntas, corrosión... Todo esto comporta que se tenga que realizar un mantenimiento frecuente y costoso, ya que las zonas de conducto suelen ser muy difíciles de limpiar.

En cuanto a la eficiencia del sistema, la grasa de los conductos disminuye la sección de paso del aire disminuyendo el caudal. El sistema pierde eficiencia. La grasa puede llegar a estropear el ventilador.

En un posible incendio los conductos se calientan y la grasa condensada en las paredes se licua y cae en las llamas, alimentando el fuego. Además los conductos se extienden por todo el edificio por lo que además la grasa condensada contribuiría a la propagación del fuego por todo el edificio. También la grasa puede llegar a ser en ocasiones la causante del incendio, al llegar la llama de los procesos de cocción a la zona de grasa condensada.

## **5.2 Campanas extractoras**

La solución más usual a la hora de diseñar el sistema de ventilación es utilizar campanas extractoras. Existen campanas de muchos tipos diferentes para poder adaptarse lo mejor posible a las diferentes cocinas.

A continuación se muestra un ejemplo de campana:



Figura 5.1. Campana extractora de pared.

En la vista de sección se pueden observar tres cavidades, de derecha a izquierda, la primera es la zona de extracción. Esta zona está separada de la cocina por una fila de filtros y el tubo de extracción se conecta por el techo de la campana. El volumen de esta zona permite homogenizar el paso del aire a través de toda la fila de filtros.

La segunda cavidad se utiliza como ubicación para luces. Las campanas se colocan encima de la zona de cocción, por lo que una buena iluminación es muy importante.

La última cavidad se puede utilizar para hacer la aportación de aire nuevo a la cocina. Los conductos de aportación se conectan en el techo de la campana y unas rejillas en la cara frontal de la campana distribuyen este aire por la cocina. Algunas campanas no tienen esta zona debido a que la cocina no requiere aportación.

Esta campana se suele utilizar cuando la zona de cocción está pegada a la pared. Existe otro tipo de campana, la campana central, más adecuada cuando no es así. El concepto es el mismo pero ahora las cavidades se sitúan de forma diferente. Como se puede ver en la imagen inferior la zona de extracción se encuentra en la cavidad central mientras que las cavidades exteriores son las que permiten realizar la aportación de aire a la cocina.

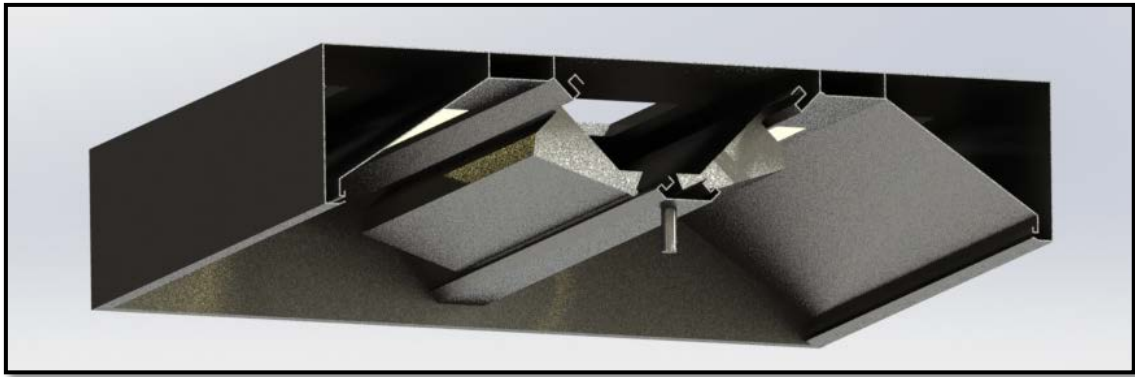


Figura 5.2. Campana extractora central.

### **5.3 Filtros**

Los filtros utilizados en las campanas permiten filtrar las partículas más grandes. Las partículas se condensan en los filtros y precipitan. La grasa condensada se evacua por un desagüe. Estos filtros son móviles para poder ser retirados para su limpieza.

#### **5.3.1 Filtro supra**

El filtro supra es lo que se llama separador inercial y se basa en la dificultad que tiene una partícula para hacer un cambio brusco de dirección debido a que su inercia es mayor a la del gas portador. Con tal de forzar estos cambios se utilizan láminas en forma de media caña contrapuestas como se puede observar en la figura. Este tipo de filtro consigue eficacias del orden de un 90% en la separación de partículas de diámetro mayor de 10  $\mu\text{m}$ .

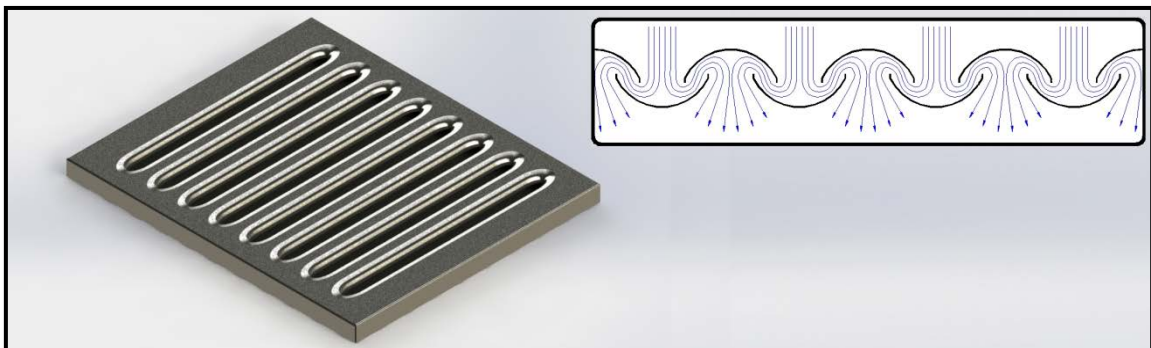


Figura 5.3. Filtro supra.

### **5.3.2 Filtro turbo**

El filtro turbo se basa en el mismo concepto que el filtro supra pero ayudado por la fuerza de la gravedad. Estos filtros están especialmente concebidos para el sistema de auto-lavado. Este sistema consiste en rociar el filtro con agua y detergente manteniendo los filtros limpios.

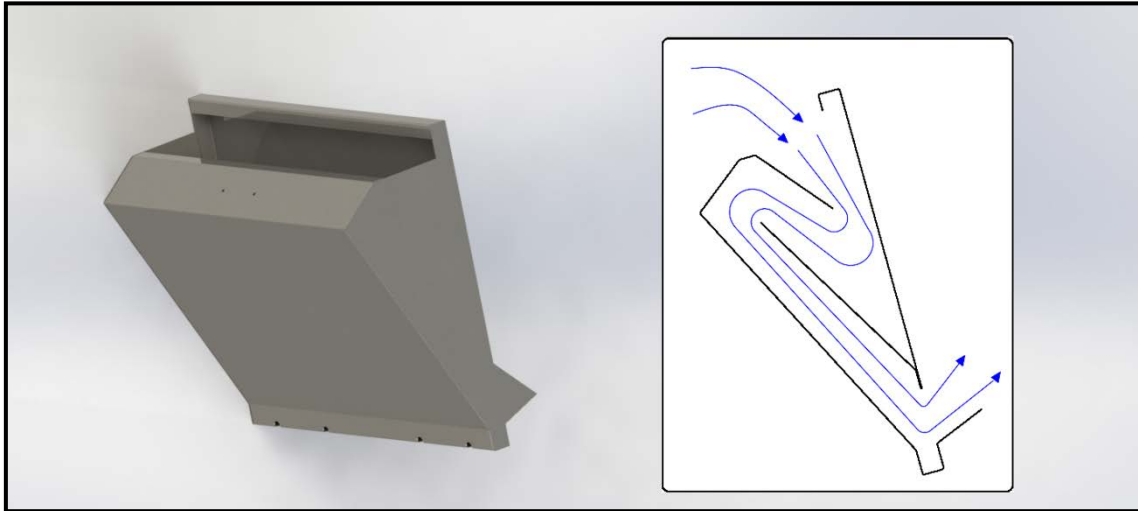


Figura 5.4. Filtro turbo.

### **5.4 Radiación UV**

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. Un tipo de radiación electromagnética es la radiación ultravioleta.

Se puede caracterizar totalmente cualquier onda electromagnética con tan solo su longitud de onda. En la imagen inferior podemos observar diferentes tipos de radiación electromagnética según el orden de la longitud de onda ( $\lambda$ ). El espectro teórico se extiende desde longitudes de onda cero hasta el infinito.

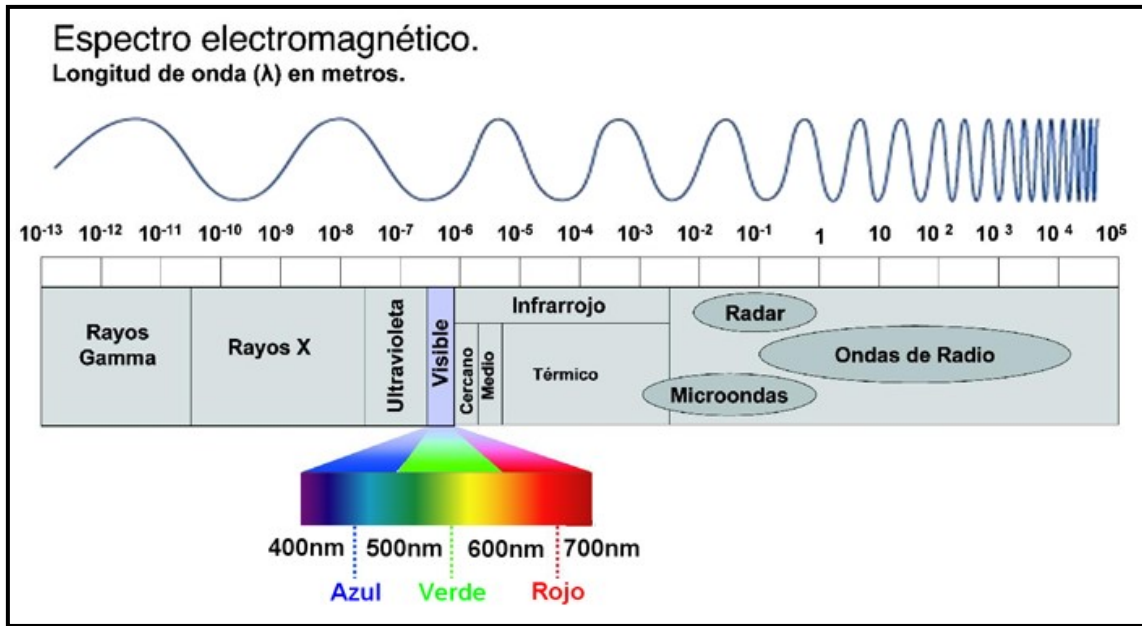


Figura 5.5. Tipos de radiación electromagnética.

La radiación electromagnética incluye la radiación térmica, que es aquella radiación electromagnética generada en un sistema debido a su temperatura. Este grupo incluye a su vez la radiación ultravioleta, la luz visible y los infrarrojos.

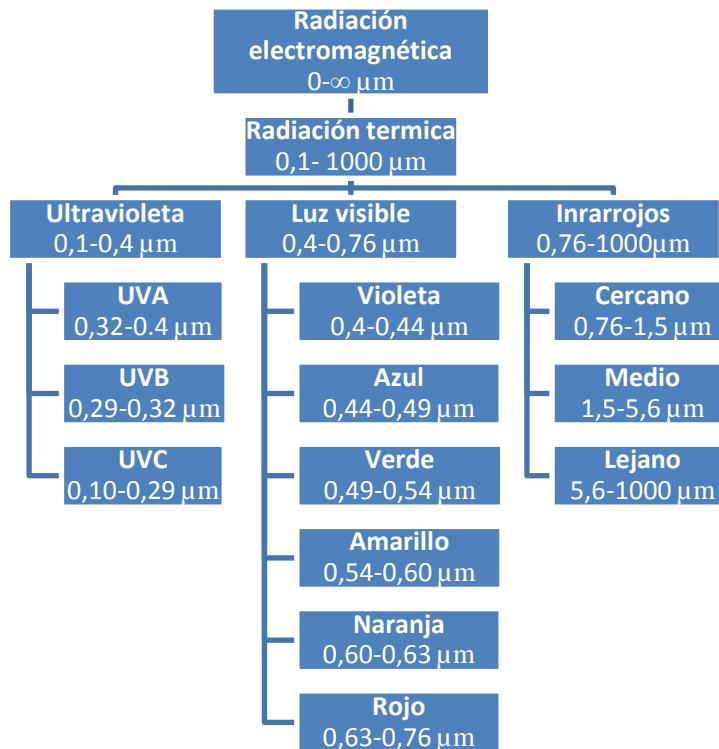


Figura 5.6. Espectro de la radiación térmica.



El espectro de radiación ultravioleta comienza con unas longitudes de onda más cortas que la de la luz visible, concretamente que la del color violeta, por este motivo recibió el nombre de ultravioleta (en el sentido de más allá del violeta). Como se puede observar en el gráfico anterior los rayos UV se subdividen en tres rangos:

- UVA (onda larga): 400 - 315 nm
- UVB (onda media): 315 - 290 nm
- UVC (onda corta): 290 - 100 nm

La radiación UVA y UVB son parte de la radiación solar, son conocidos por su efecto pigmentador.

#### **5.4.1 Radiación UVC**

Dentro de la radiación UV, la radiación UVC es la que tiene longitud de onda más corta y por tanto también es más energética que la radiación UVA y UVB. Comprende la mayor parte del rango de radiación UV y posee un potente efecto esterilizador.

La exposición a radiación UVC provoca daños en el ADN de gérmenes y microorganismos. Esto impide la reproducción de las células, que con una exposición prolongada acabarán muriendo.

Como las longitudes de onda visibles de la luz, la radiación UVC avanza en dirección rectilínea y disminuye en intensidad al alejarse de la fuente. La radiación UVC no penetra generalmente en las sustancias, ni siquiera a través de un cristal.

##### **5.4.1.1 Efecto en las grasas**

Las grasas consisten principalmente en largas cadenas de moléculas unidas por dobles enlaces. Mediante el tratamiento con radiación UVC se produce una reacción química llamada fotólisis que rompe los dobles enlaces generando cadenas de moléculas más cortas. En presencia de oxígeno esta reacción química genera ozono.

El ozono generado reacciona con las cadenas cortas de grasa y los productos restantes son principalmente dióxido de carbono y agua. Esta reacción química tiene el nombre de ozonólisis.

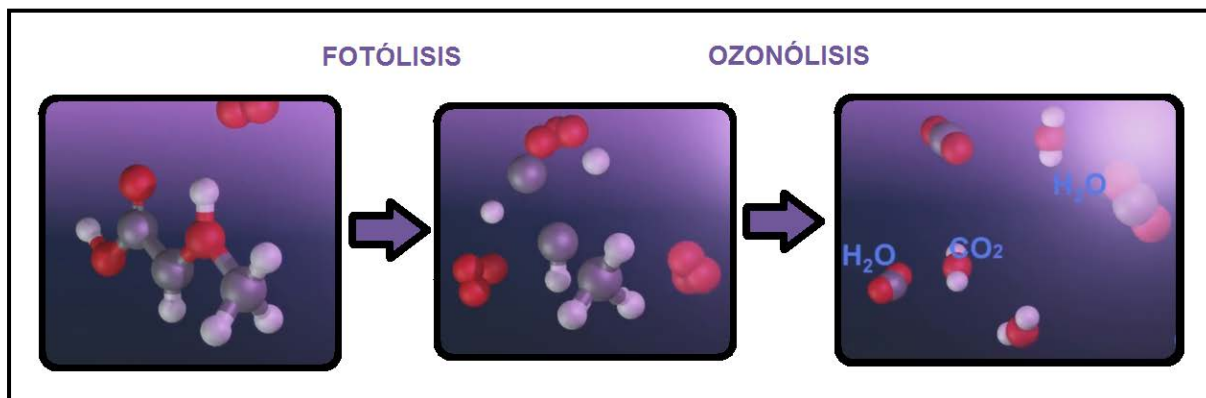


Figura 5.7. Reacción química producida por la radiación en las grasas.

#### **5.4.1.2 Aplicación en cocinas**

Los filtros utilizados en las campanas de extracción son efectivos con partículas grandes, pero ineficaces contra partículas más pequeñas. En cambio el tratamiento del aire mediante radiación ultravioleta es especialmente eficaz en partículas pequeñas pero menos efectivo en partículas grandes, debido a su poca capacidad de penetración. Por este motivo en este proyecto se pretende diseñar un producto que permita que los dos sistemas de filtración se complementen.

Con la aplicación de radiación UVC se consigue:

- Eliminar las grasas del aire, evitando su posterior condensación.
- Mantener los conductos limpios durante más tiempo.
- Reducir costes de mantenimiento
- Reducir los malos olores debido al ozono.
- Reducir el riesgo de incendio.
- Evitar la reducción de rendimiento del sistema debido a las grasas acumuladas.
- Reducir la probabilidad de fallo del ventilador.
- Mantener el conducto libre de gérmenes y bacterias.

## **6. Proceso de diseño**

### **6.1 Consideraciones previas**

A partir de aquí el trabajo consiste en diseñar y fabricar un sistema que permita incorporar el sistema del tratamiento del humo con luz ultravioleta a los productos existentes, aportando todas las ventajas analizadas anteriormente. En este trabajo se explica el diseño final, justificando las decisiones que se han tomado. No se explican los pasos intermedios, donde se incluyen diseños previos y prototipos.

El sistema ha de ser adaptable a campanas convencionales de Luis Capdevila, más concretamente a las campanas mencionadas anteriormente, y a los Techos filtrantes. Se pretende vender el producto de forma conjunta. Ha de ser relativamente fácil acceder a las lámparas para el mantenimiento, y además se ha de poder sacar toda la estructura de las lámparas para cambiar los fluorescentes, en caso de fundirse o finalizar el tiempo de vida de alguno. Se quiere incorporar una certificación de seguridad al sistema por lo que se tendrán que incorporar toda una serie de sensores y controladores que aporten seguridad.

A continuación se explica la metodología a la hora de diseñar un producto a partir de chapa metálica y después se explican las diferentes partes del producto: las lámparas y su protector, el controlador y el sistema eléctrico.

### **6.2 Fabricación mediante el conformado de chapa metálica**

En el diseño de piezas de chapa metálica se han de tener en cuenta toda una serie de condiciones impuestas por la fabricación. En este sentido es muy útil la herramienta Solid Works.

Para la fabricación de una pieza primero se procede al diseño de ésta mediante Solid Works, después se crean los planos de chapa desplegada en formato autocad para la punzonadora que cortará la chapa. En este segundo paso es importante tener en cuenta el tipo de punzones disponibles y los radios que puede realizar.

El siguiente documento necesario son los planos de doblado en pdf, que permiten a los operarios doblar la chapa metálica en la forma deseada. Se ha de tener en cuenta el radio de plegado de la plegadora a la hora de hacer el diseño. Si no, al doblar la pieza, ésta tendrá unas dimensiones incorrectas. También hay una longitud mínima de pestaña que se puede realizar.

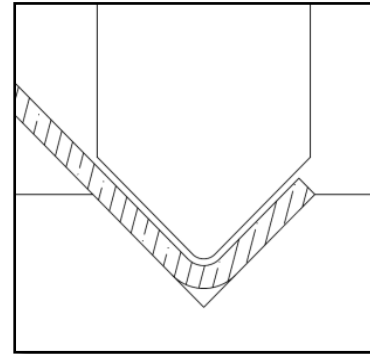


Figura 6.1. Radio de plegado.

Otros documentos que se generan en la fabricación de un producto incorporan el número de unidades de cada pieza a fabricar, el material de cada una de ellas, la chapa neta necesaria, el número de elementos que se necesitan comprar y a que proveedor (tornillos, arandelas, las lámparas...) y el tiempo de fabricación de una unidad.

Otras consideraciones a tener en cuenta son:

- No hacer esquinas de 90° o menos para evitar el peligro de cortes al manipular la pieza.
- No dejar cantos vivos al aire. En la medida de lo posible intentar hacer dobladillos.
- Mínimo número de piezas para minimizar gasto
- Dar consistencia a la pieza mediante plegadas: las chapas planas se doblan fácilmente.

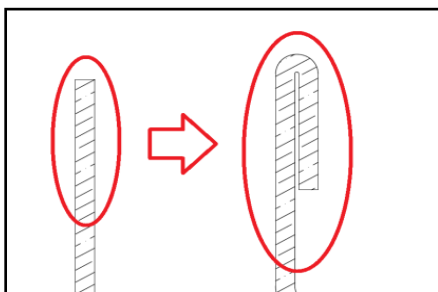


Figura 6.2. Dobladillo.

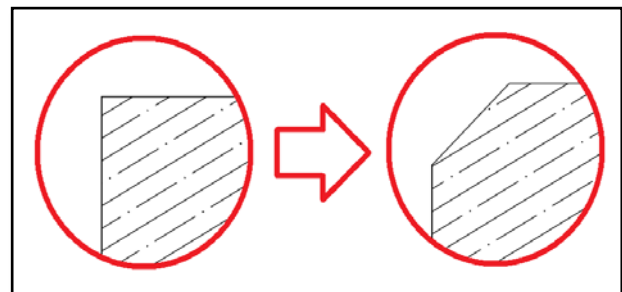


Figura 6.3. Eliminación de cantos vivos.

### **6.3 Legislación i normativa aplicable**

A continuación se listan las diferentes directivas y normas que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar el producto.

#### **6.3.1 Directivas aplicables**

- DIRECTIVA 89/392/CEE Seguridad en máquinas y las correspondientes actualizaciones.
- DIRECTIVA 73/23/CE Baja tensión.
- DIRECTIVA 89/336/CEE Compatibilidad electromagnética y actualizaciones.
- DIRECTIVA 93/68/CEE Directiva horizontal que modifica las anteriores.
- REAL DECRETO 1073/2002
- DIRECTIVA 96/62/CE Gestión y evaluación de la calidad del aire.
- REAL DECRETO 486/2010

#### **6.3.2 Normas aplicables**

- UNE-EN 294 Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir el acceso a zonas peligrosas.
- REGLAMENTO ELECTROMAGNÉTICO DE BAJA TENSIÓN.
- EN 60 204. Equipo eléctrico de las máquinas industriales. Normas generales.
- UNE-EN 60335-1 Seguridad de los aparatos electrodomésticos y análogos. Condiciones generales.
- UNE-EN 13725 Calidad del aire.
- DIN 18869-7 Lámparas UV.

#### **6.4 Las lámparas**

El producto suministrado por Jimco S.A. son 8 fluorescentes de mercurio y gas a baja presión, que al encenderse emiten luz ultravioleta de longitud de onda 254nm. Estos 8 fluorescente van montados en una estructura protectora que tiene la siguiente forma:

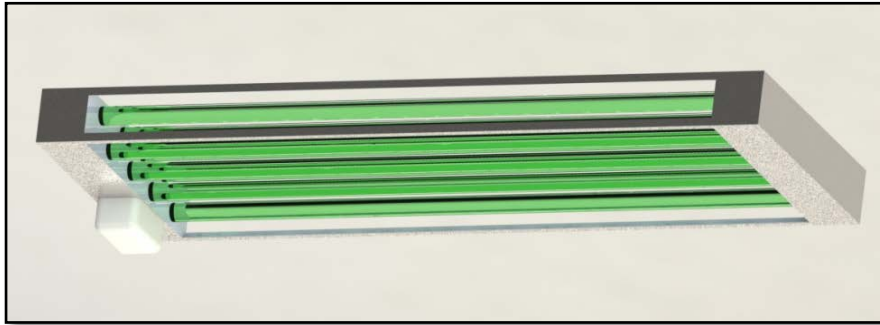


Figura 6.4. Lámparas en su estructura.

Esta estructura sitúa los fluorescentes a una distancia de 2cm entre ellos, lo que permite que todo el flujo de aire que pasa a través de esta estructura se vea afectado por la radiación UVC, ya que el radio de efectividad de un fluorescente es de 5cm.

A parte de las lámparas, Jimco proporciona el balastro que suministra el voltaje adecuado para el funcionamiento de las lámparas, un controlador y algunos componentes de seguridad y posicionamiento.

El balastro se sitúa apartado de la estructura. Ha de situarse en un lugar donde exista una corriente de aire que evite un sobrecalentamiento, evitando corrientes muy húmedas (no se puede colocar en la parte de extracción de la campana). Las conexiones del balastro a las lámparas se hacen a través de la estructura de soporte mediante un conector industrial multipolar clásico. Cada balastro puede alimentar a 8 fluorescentes diferentes.

El balastro se alimenta a través del controlador a una tensión alterna de 230V. El controlador permite encender y apagar las lámparas manualmente, además apaga las lámparas en el caso de que alguno de los sensores aporte una señal que implique que

es peligroso que las luces estén encendidas. El controlador también muestra el tiempo de vida de las lámparas, al superar las 10000 horas el controlador impedirá que las lámparas se enciendan hasta que sean reemplazadas por unas nuevas.

Los diferentes sensores que Jimco proporciona para las lámparas son:

- Un sensor de presión, vacuostato. Bien colocado determina si existe un flujo de aire continuo a través de las lámparas. Si este flujo no se produjese y las lámparas permaneciesen encendidas, el ozono producido por las lámparas se extendería por toda la cocina, pudiendo llegar a una concentración perjudicial para la salud.
- Un sensor de corriente. Éste se ha de calibrar al iniciar el sistema por primera vez. Viene intrínseco en el controlador. Este sensor mide la potencia que el controlador suministra al balastro. Al calibrarse determina la potencia que consumen las lámparas en su estado nominal y si en algún momento el consumo se dispara o disminuye envía una señal al controlador, para que este apague el sistema. Este sensor evita que el sistema funcione de forma errónea, con algún fluorescente roto o en cortocircuito.
- Un sensor mecánico de posición - final de carrera. Determina si los filtros están en su posición o no. Los filtros al estar colocados en su posición hacen presión contra el sensor, que envía la correspondiente señal al controlador y permite a las luces encenderse. Este sensor es especialmente importante ya que de permitirse el funcionamiento de las luces con algún filtro retirado un operario podría mirar directamente a las luces sufriendo daños oculares. Se ha decidido no utilizar este sensor por su poca fiabilidad, se puede quedar encallado y se puede manipular fácilmente. En el apartado “5.6 Sistema eléctrico y seguridad” se explica la alternativa escogida.

A parte de estas 3 señales de entrada el controlador tiene una entrada más para poder añadir algún sensor más, si se desea más seguridad, o un interruptor para apagar el sistema.

Posición de las lámparas

La propuesta de Jimco para la posición de las lámparas es en el interior de la zona de extracción de la forma mostrada en la figura inferior.

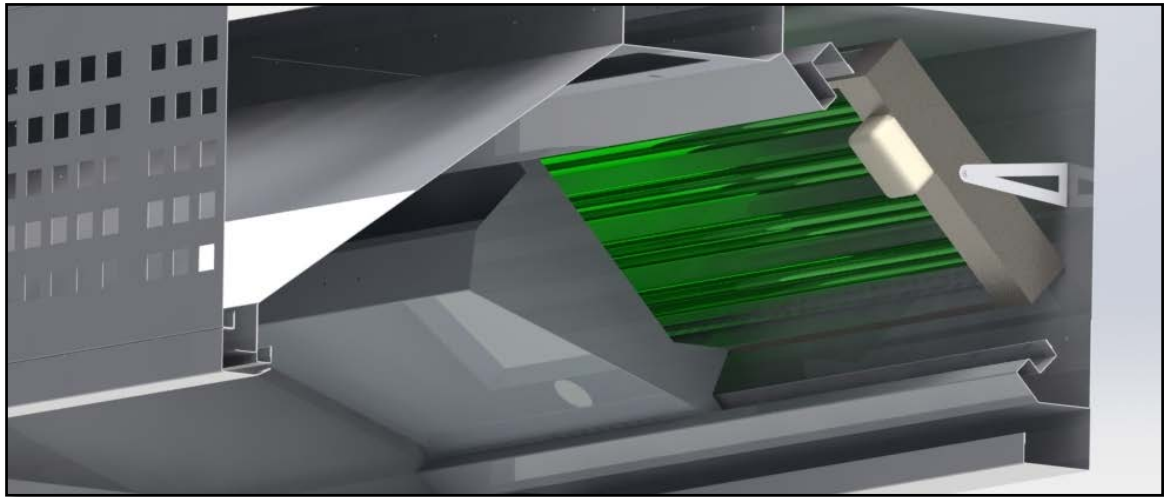


Figura 6.5. Posición de las lámparas propuesta por Jimco.

Se descartó la idea ya que lo que se pretende es hacer pasar todo el flujo de aire por las lámparas ultravioletas, y la propuesta de Jimco deja pasar parte del aire por zonas donde la eficiencia de las lámparas es muy baja. Por este motivo se decidió poner las luces en la zona del tubo de extracción. Con tal de maximizar el efecto de las luces se decidió poner el aparato lo más cerca posible a la entrada del tubo a la campana. De este modo, a partir del lugar donde se posicionen las lámparas el nivel de grasa que se depositará será menor. Además el efecto del ozono en eliminar los malos olores aumenta con la longitud del tubo.

De las dos opciones posibles, en la entrada del tubo dentro de la campana o en la entrada del tubo fuera de la campana se decidió la segunda. La primera implicaría el diseño de una estructura de soporte muy complicada, sería muy difícil diseñarla de forma que las lámparas fueran fáciles de retirar. En cambio la segunda permite el soporte de la estructura de las lámparas en el propio techo de la campana.



Para facilitar la colocación, se añadieron dos asas a la estructura de las lámparas y se diseñó el siguiente sistema para evitar el movimiento una vez colocado.

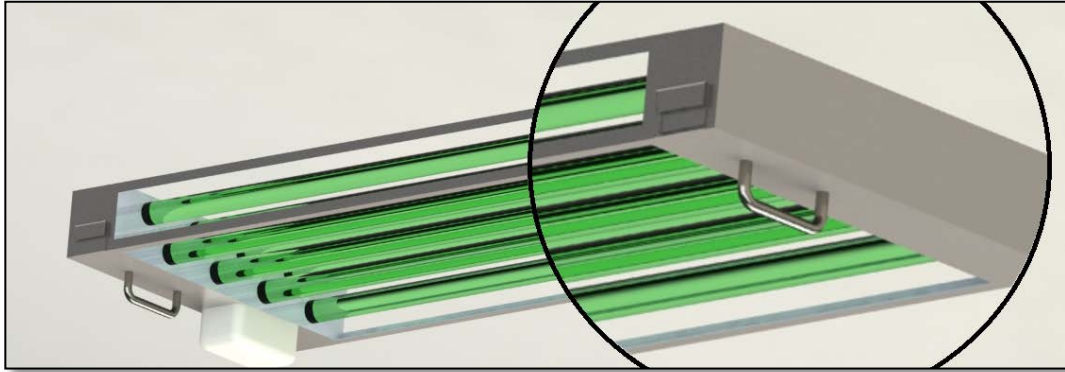


Figura 6.6. Modificación de la estructura.

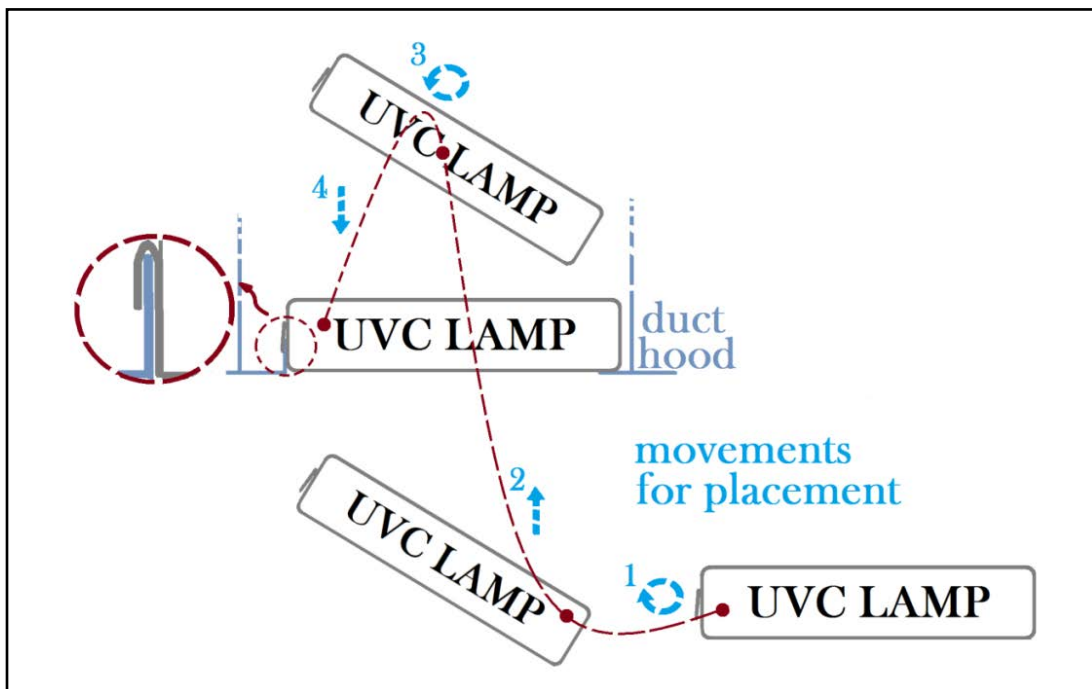


Figura 6.7. Colocación de las lámparas.

### **6.5 Protección de las lámparas**

Una vez colocadas las lámparas en su posición de trabajo, se ha diseñado una pieza que protege las lámparas. Esta pieza aguantará unos filtros de aluminio, que además de

filtrar las partículas más grandes de grasa, retendrán la luz ultravioleta en la zona deseada, protegiendo al usuario y aumentando la eficiencia del sistema. Por último otra de las funciones de esta pieza será la de conducir el aire por donde interesa.

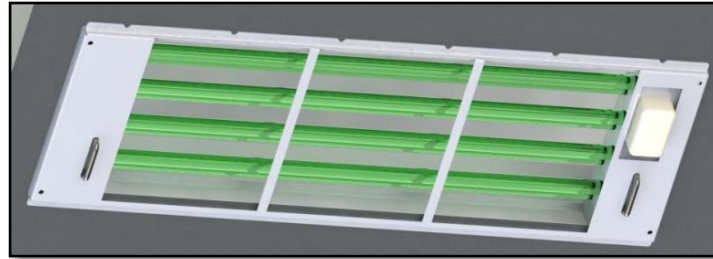


Figura 6.8. Protector de las lámparas.

Esta pieza permitirá la extracción de los filtros de aluminio para la limpieza de los fluorescentes pero se habrá de retirar para poder extraer toda la estructura de las lámparas.

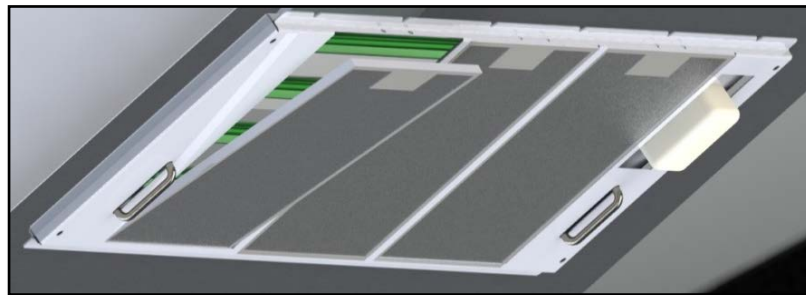


Figura 6.9. Filtros de aluminio.

Esta última pieza se situará dentro de la campana, sujeta a esta en el techo mediante palometas o tornillos fáciles de retirar de ser preciso.

## **6.6 El controlador**

El controlador se coloca en la parte de aportación de la campana, de forma que sea accesible y a su vez este incorporado dentro de la campana. Esto permite que todas las conexiones se puedan hacer fácilmente por el interior de la campana. El balastro también se colocará dentro de la aportación pero no será accesible una vez cerrada la tapa de la campana.

Se ha diseñado una pieza que soporte del controlador. Se ha realizado un agujero en una de las piezas de la campana para poder acceder al controlador. Se observa en la siguiente imagen.

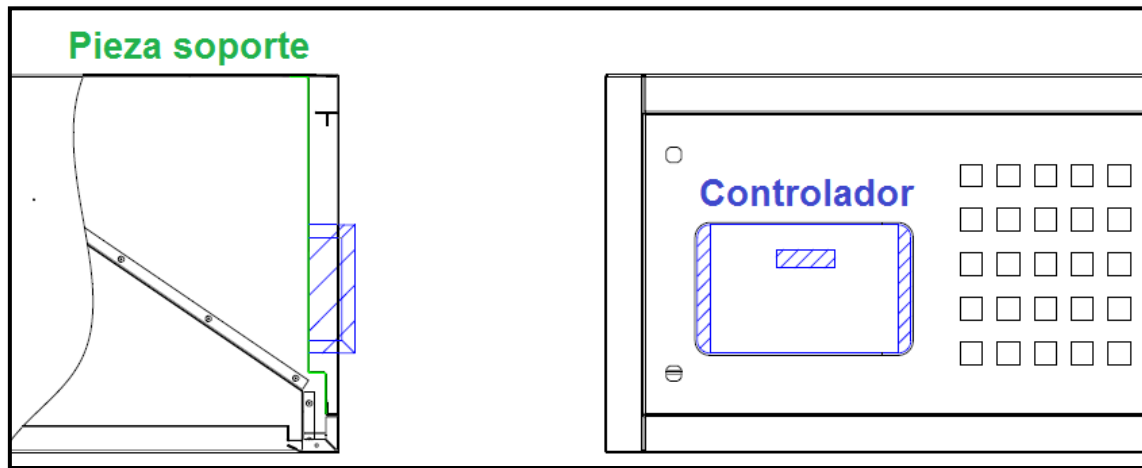


Figura 6.10. Pieza soporte del controlador.

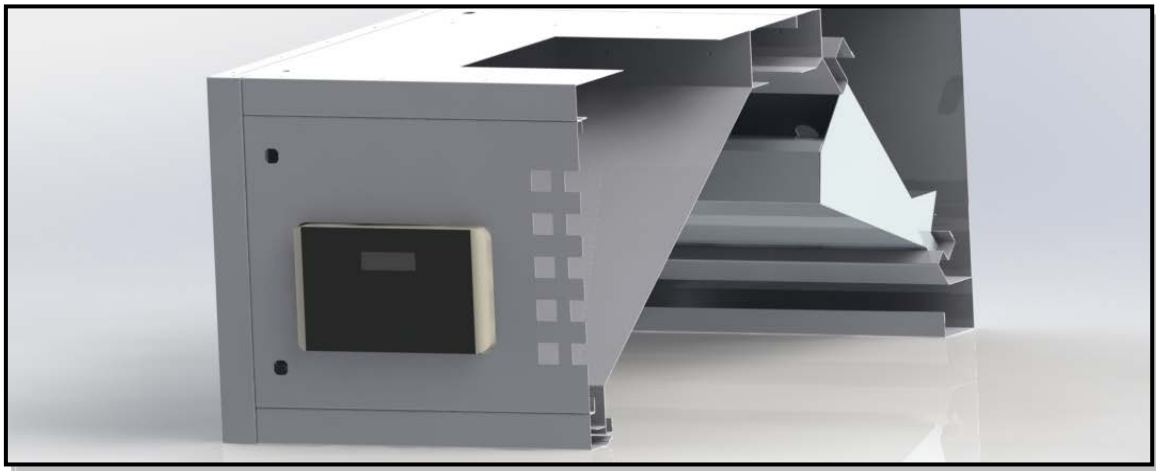


Figura 6.11. Posición del controlador en la campana.

### Diseño de la carátula del controlador

Por seguridad, en la carátula del controlador deben aparecer las siguientes advertencias:

- Peligro de electrocución
- Peligro de daño ocular

- Siempre se ha de desconectar la corriente antes de realizar cualquier trabajo sobre la campana

En la carátula también era importante poner el logo como publicidad. El cliente debe asociar el producto con la empresa LuisCapdevila,S.A.



Figura 6.12. Carátula del controlador.

### **6.7 Sistema eléctrico y seguridad**

Durante el proceso de diseño se ha realizado toda una serie de pruebas para comprobar la seguridad de los sensores y comprobar su funcionamiento. En una de las pruebas, al colocar los sensores de final de carrera en un prototipo, se ha determinado que estos son poco fiables. Es muy fácil que uno de estos sensores se quede atascado o manipular el sensor para que detecte que están los filtros puestos cuando no lo están. En campanas muy largas estos sensores podrían llegar a fallar: no detectar que se ha sacado un filtro de la zona central de la campana.

Finalmente se ha buscado aumentar la seguridad del sistema en cuanto al peligro de daño por radiación directa, por eso se ha decidido descartar los sensores mecánicos de final de carrera que Jimco proponía. Después de analizar diferentes alternativas, la escogida consiste en sensores magnéticos.

Los sensores magnéticos detectan la presencia del campo magnético de un imán. Cuando este está suficientemente cerca el conmutador cierra el circuito permitiendo pasar la corriente. Se ha decidido poner un imán en cada filtro. En la campana se han colocado dos líneas de sensores formando dos circuitos separados de forma que cada filtro activa a la vez dos sensores, uno de cada línea. Las luces sólo se encenderán si las dos líneas conducen la electricidad.

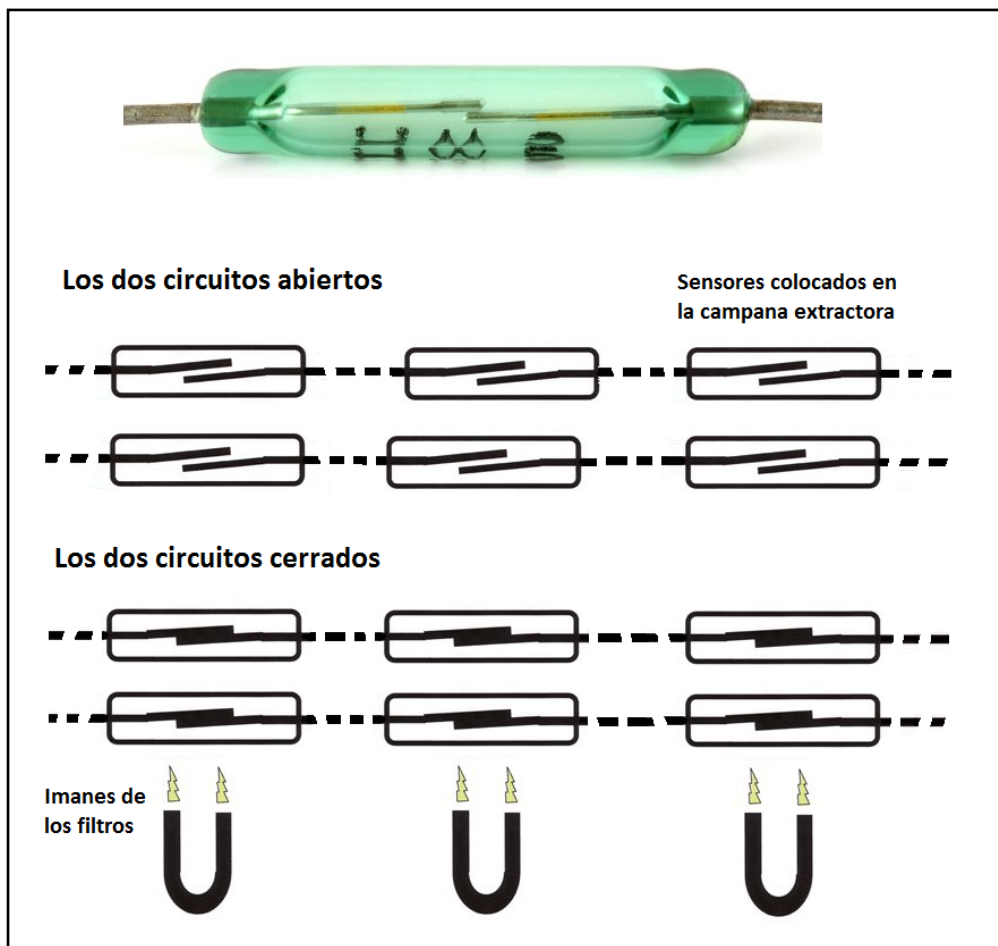


Figura 6.13. Sensores magnéticos.

Estos sensores se conectan a un módulo de seguridad. Este módulo de seguridad está alimentado a 230 V y se ha decidido que se rearme automáticamente, es decir al colocar los filtros el sistema vuelve a funcionar sin necesidad de volverlo a poner en marcha manualmente.

El módulo de seguridad al posicionar los filtros permitirá el paso de corriente entre las puertas 13-14 y 23-24 (ver en el esquema eléctrico, figura 6.14). Esto se utilizará para alimentar dos relés diferentes a una tensión de 230 V. El primer relé controla dos líneas diferentes, permite cortar la línea y el neutro que llegan al balastro. El segundo relé corta tres líneas diferentes: la línea, el neutro del balastro y la señal de entrada del controlador que indica si los filtros están en posición o no. De esta forma si alguno de los dos relés falla igualmente el circuito se cortará por la acción del otro relé, además debido al segundo relé el controlador indicará en la pantalla si los filtros están bien posicionados o no.

Este sistema de seguridad al no depender del controlador es mucho más robusto que el inicial.

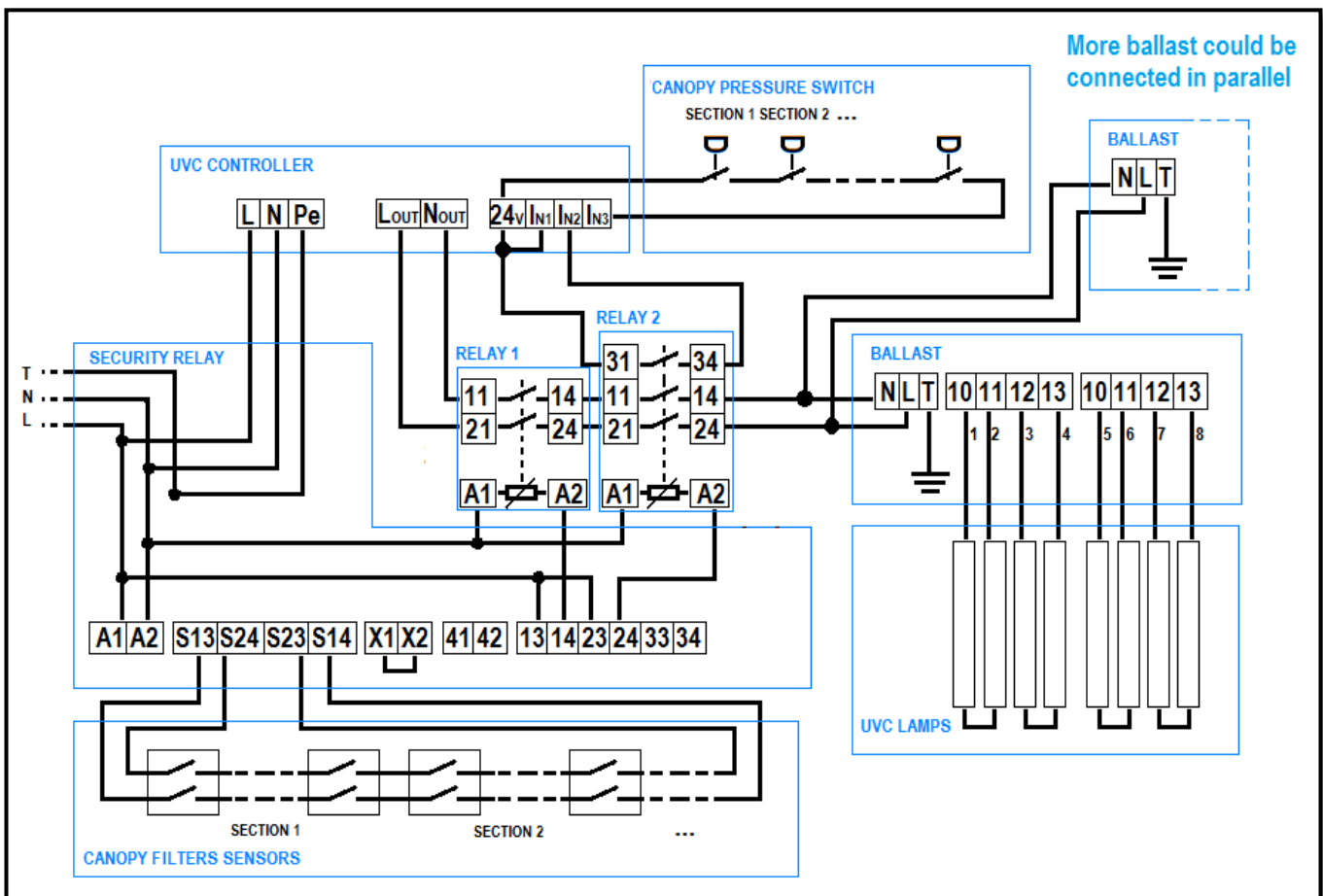


Figura 6.14. Esquema del circuito eléctrico.

En la figura 6.14 se muestra el esquemático de todas las conexiones hechas en el circuito del sistema.

### **6.8 Prototipado**

La fase de prototipado ha permitido detectar y corregir errores en el sistema eléctrico y detectar mejoras en todo el conjunto. Como se ha comentado antes, la solución aquí explicada es la definitiva, después de hacer los cambios detectados después de analizar el prototipo.

También se ha redactado toda la documentación técnica en inglés para poder vender el producto, se presenta en el anexo del trabajo.

En la figura inferior se puede ver el prototipo en el que se realizaron los cambios correspondientes para venderlo como producto.



Figura 6.15. Prototipo.

## **7. Mantenimiento del sistema**

La instalación requerirá una frecuencia de mantenimiento inferior a la usual debido a la acción del sistema UVC. EL mantenimiento consistirá en la limpieza de los filtros de la campana, la limpieza de los filtros de aluminio y, por último, la limpieza de las lámparas.

Se ha de apagar el sistema antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, Aun así, si no se ha apagado, al retirar los filtros las lámparas se apagarán. Los diferentes filtros de la campana se pueden lavar con agua y detergente o incluso utilizar un lavaplatos industrial si se dispone de él.

Para limpiar las lámparas primero se ha de desconectar el cable de alimentación de las lámparas (figura 7.1-1) y luego se han de retirar todos los filtros (figura 7.1-2) para poder acceder a ellas. Se puede limpiar con un paño mojado en agua y jabón. Se recomienda mantener las lámparas limpias para una mayor eficiencia del sistema.

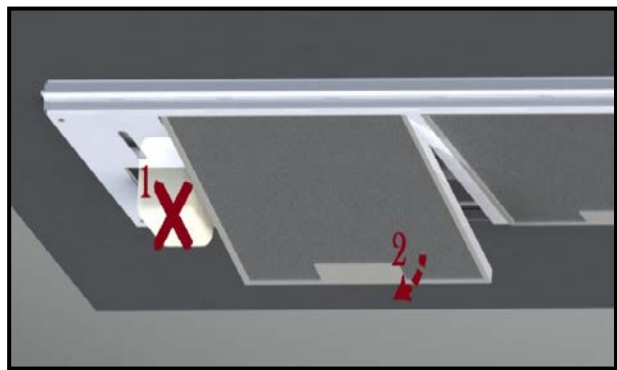


Figura 7.1. Acceso a las lámparas.

Para realizar el cambio de una lámpara, se ha de desconectar el cable de alimentación y posteriormente retirar el protector de las lámparas destornillando los cuatro tornillos de sujeción. Esto permitirá retirar toda la estructura de las lámparas mediante las dos asas.

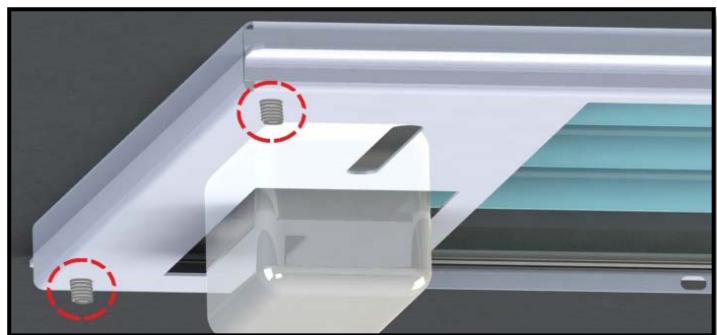


Figura 7.2. Retirada del protector.



## **8. Estudio económico**

### **8.1. Análisis de los costes y elaboración del presupuesto**

Para la elaboración del presupuesto dividiremos los costes en:

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{mat}} + C_{\text{fab}}$$

y

$$C_{\text{fab}} = C_{\text{punz}} + C_{\text{dobl}} + C_{\text{mont}} + C_{\text{emp}} + C_{\text{ind}}$$

dónde:

$C_{\text{mat}}$  comprende todos los costes de compra de materias primas y de componentes para la instalación final y  $C_{\text{fab}}$  hace referencia a los costes de fabricación, que en concordancia con el proceso de fabricación se han desglosado en:

$C_{\text{punz}}$  coste del punzonado de la chapa.

$C_{\text{dobl}}$  coste del doblado

$C_{\text{mont}}$  hace referencia al proceso de montaje

$C_{\text{emp}}$  costes relativos al empaquetado del producto

$C_{\text{ind}}$  costes indirectos

El cálculo de  $C_{\text{mat}}$  es la suma de los costes de compra de todo el material necesario. En la tabla siguiente se detalla todo el material necesario y su precio de compra:

<b>Cálculo del coste del material para una unidad</b>				
<b>Material</b>	<b>Quantitat</b>	<b>unitats</b>	<b>€/unitat</b>	<b>Total (€)</b>
Controlador	1	u	461,777	461,777
Balastro	1	u	272,092	272,092
Lámparas	8	u	92,9265	743,412
Estructura lámparas	1	u	97,987	97,987
Vacuostato	1	u	38,789	38,789
Sensores magnéticos	5	u	13,7	68,5
Relé de seguridad	1	u	83,65	83,65
Relé 2 líneas	1	u	13,641	13,641
Relé 3 líneas	1	u	15,85	15,85
Caja de conexiones	1	u	7,65	7,65
Cable conexión	10	m	0,109	1,09
Cable conexión a tierra	2	m	0,107	0,214
Remaches	4	u	0,14	0,56
Tuerca remachable	4	u	0,067	0,268
Tornillo	4	u	0,115	0,46
Arandela	4	u	0,02	0,08
Chapa inoxidable satinada	10	Kg	4,39	43,9
<b>Coste de material (€)</b>				<b>1849,92</b>

Tabla 8.1. Coste de material.

Los costes de fabricación de han dividido según los diferentes procesos productivos (punzonado, doblado, montaje y embalado).

Para cada máquina se ha estimado un tiempo de utilización para la fabricación del producto, el coste de una hora de utilización, el personal necesario para su funcionamiento y su coste asociado.

Costes de fabricación: PUNZONADORA						
Componente	tiempo punzonado (s)	Coste máquina/h (€/h)	Coste máquina (€)	Coste personal/h (€/h)	coste personal (€)	coste total (€)
Protector de las lámparas	680	16	3,022	11,5	2,1722	5,194
Soporte controlador	300	16	1,334	11,5	0,95	2,284
					<b>TOTAL (€)</b>	7,478

Costes de fabricación: DOBLADORA						
Componente	tiempodoblado (s)	Coste máquina/h (€/h)	Coste máquina (€)	Coste personal/h (€/h)	coste personal (€)	coste total (€)
Protector de las lámparas	1484	8,3	3,421	11,5	4,74	8,16
Soporte controlador	974	8,3	2,246	011,5	3,111	5,357
					<b>TOTAL (€)</b>	13,517

Costes de fabricación: MONTAJE						
Componente	Tiempo montaje (h)	Costemáquina/h (€/h)	Costemáquina (€)	Coste personal/h (€/h)	coste personal (€)	coste total (€)
Protector de las lámparas	1,00	2,00	2,00	12,00	12,00	14,00
Soporte controlador	0,60	2,00	1,20	12,00	7,20	8,40
					<b>TOTAL (€)</b>	22,40

Costes embalaje (€)	2
Costes indirectos (€)	3

<b>Coste de fabricación (€)</b>	56,91 €
---------------------------------	---------

Tabla 8.2. Coste de fabricación.

Por tanto  $C_{\text{tot}} = C_{\text{mat}} + C_{\text{fab}} = 1849,92 + 56,91 = 1906,83 \text{ € por unidad.}$

Para calcular el precio de venta se aplica un margen de un 50%

$$PV = C_{\text{tot}} / 0,5 = 3813,66\text{€}$$

El precio de una instalación con un sistema de este tipo estará formado por:

- Precio del sistema UV
- Precio de la campana donde se instalará
- Precio de instalación.

Para una de las campanas más vendidas en LuisCapdevila,S.A.:

<b>Precio sistema UV</b>	3813,66 €
<b>Precio campana</b>	3127,00 €
<b>Precio mano de obra instalación</b>	800 €
<b>Precio total de instalación</b>	<b>7740,66 €</b>

Tabla 8.3. Precio total de instalación.

El diseño del sistema tiene unos costes asociados para la empresa, debidos al trabajo realizado por el ingeniero, el jefe de fábrica y por mí, el diseñador.

Persona	Costes de diseño			
	Tiempo Invertido (h)	Coste personal/h (€/h)	Coste de los recursos utilizados (€)	coste total (€)
Diseñador	120	8,00	25	985
Ingeniero	15	32,00	10	490
Jefe de fábrica	20	30,00	100	700
<b>TOTAL (€)</b>				<b>2170</b>

Tabla 8.4. Costes de diseño.

Este es un coste inicial que no se ve reflejado en el presupuesto del producto. Al beneficio total obtenido por la venta del sistema de lámparas se le deberá deducir este coste inicial. Su impacto sobre el beneficio se verá reducido cuanto mayor sea la cantidad del producto vendida.

## **8.2. Viabilidad económica**

La instalación de lámparas UVC en la campana encarece mucho el precio de venta de la campana. Es un sistema caro pero que aporta muchos beneficios, por ese motivo ahora mismo existe un mercado dispuesto a adquirirlo. Actualmente se han vendido 5 sistemas ultravioleta y se prevé una demanda constante de 12 al año. Por ello este producto resulta viable económicamente para la empresa.

Es una de las pocas soluciones frente a la condensación de grasa en los conductos. Dependiendo de la instalación, los costes de mantenimiento y limpieza pueden ser muy elevados. En ese caso se podría llegar a recuperar la inversión al poder reducir la frecuencia de mantenimiento.

## **9. Impacto ambiental**

Es importante tener en cuenta el impacto ambiental del producto en todo su ciclo de vida. Las fases más importantes para este producto serían su vida útil y su deposición.

Durante su vida útil el sistema consumirá energía eléctrica de la red, y expulsará al aire principalmente dióxido de carbono y agua. También generará ozono por lo que es importante proporcionar el tiempo necesario a este ozono para que reaccione con las grasas del aire, eliminando malos olores, esto se consigue con tubos de extracción de longitudes elevadas.

El material utilizado para los componentes fabricados ha sido acero inoxidable, este material es 100% reciclable. En cuanto a los componentes comprados, el plástico utilizado es reciclable pero los componentes electrónicos no. Las lámparas se deben devolver al fabricante para poder ser desmanteladas correctamente y no contaminar.

## **10. Planos**

Adjunto a este trabajo se encuentran los planos de los diferentes componentes diseñados.

## **Agradecimientos**

Me gustaría agradecer a la empresa LuisCapdevila,S.A. por la oportunidad de hacer el trabajo de final de grado con ellos. Me han brindado la oportunidad de aprender y realizar un proyecto, concediéndome los medios y también la responsabilidad, cosa que valoro mucho.

Especialmente me gustaría agradecer a mi tutor dentro de la empresa, Lluís Llofresa, por su trabajo instruyéndome en todo lo necesario para la realización del proyecto y por su apoyo durante todo el proceso.

## **Bibliografía**

### **Bibliografía complementaria:**

1. **Alexandrova, Atlevina.** (2009). *Extract and cleaning of contaminated air in commercial kitchens.* (Bachelor's thesis). Mikkeli University of Applied Sciences, Finlandia. Recuperado de:  
[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6891/alevtina\\_final.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6891/alevtina_final.pdf?sequence=1)
2. **BonalsMuntada, Lluís Albert.** (2005). *Transferència de calor: apunts de classe.* Publicacionsd'Abast, Barcelona.
3. **Dahal, Karna.** (2014). *The Combined treatment of UV Light and Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) in Grease Filtration Technique.* (Master's thesis). Lappeenranta University of Technology, Finlandia. Recuperado de:  
[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/96430/Karna\\_Dahal\\_Master%20The sis.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/96430/Karna_Dahal_Master%20The%20sis.pdf?sequence=2)
4. **Junta de Andalucía.** (Sin fecha). *Contaminación por humos y olores.* Andalucía, España. Recuperado de:  
[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/60-71\\_GUIA\\_TECNICA\\_DE\\_MEDIDAS\\_CORRECTORAS/60-71/3\\_CONTAMINACION\\_POR\\_HUMOS\\_Y\\_OLORES.PDF](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/60-71_GUIA_TECNICA_DE_MEDIDAS_CORRECTORAS/60-71/3_CONTAMINACION_POR_HUMOS_Y_OLORES.PDF)
5. **SterilAir.** *Investigacion y desarrollo.* [En línea] [Fecha de acceso: 15 / mayo / 2016]. Recuperado de:  
<http://www.sterilair.com/es/competencia/competencia/investigacion-y-desarrollo.html>