



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA**

***APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE
UN HIGIENIZADOR DE AIRE***

TRABAJO FIN DE GRADO

Autora

Belén Ramos Llopis

Tutor

Vicente Sanz Solana

Castellón, Junio de 2022

1. ÍNDICE GENERAL

APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE UN HIGIENIZADOR DE AIRE

Los documentos básicos del proyecto “APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE UN HIGIENIZADOR DE AIRE” son los siguientes:

1. ÍNDICE GENERAL
2. MEMORIA
3. ANEXOS
4. PLANOS
5. PLIEGO DE CONDICIONES
6. ESTADO DE MEDICIONES
7. PRESUPUESTO

2. MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

0.	<i>Resumen</i>	6
1.	<i>Objetivo</i>	7
2.	<i>Alcance</i>	8
3.	<i>Antecedentes</i>	9
3.1	Historia de la investigación de aerosoles	9
3.2	Introducción a las partículas y los aerosoles	9
3.3	Transmisión del virus	11
3.4	Ventilación	12
3.5	Estudio de mercado	13
3.6	Transmisión de la onda por la guía y formación zonas alta y baja intensidad	17
3.7	Estudio relativo al presente proyecto	18
4.	<i>Normas y referencias</i>	19
4.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	19
4.2	Programas utilizados	19
4.3	Bibliografía	19
4.4	Páginas web	21
5.	<i>Definiciones y abreviaturas</i>	24
5.1	Nomenclatura	24
5.2	Unidades	25
6.	<i>Requisitos de diseño</i>	26
7.	<i>Análisis de soluciones</i>	27
7.1	Circuito eléctrico	27
7.1.1	Circuito de alta tensión	27
7.1.2	Circuito de baja tensión	31
7.1.3	Caja que alberga los componentes eléctricos	33
7.2	Guía de onda	33
7.2.1	Sección de la guía de onda	34
7.2.2	Aproximación comportamiento campo eléctrico guía de onda vs cámara resonante	34
7.2.3	Longitud de la guía de onda	35
7.2.4	Material de la guía de onda	36
7.2.5	Geometría de la guía de onda	36
7.2.6	Régimen de circulación en la guía de onda	37
7.2.7	Balance de energía mecánica para una circulación isoterma	37
7.3	Equipo para la impulsión de gases	38
7.4	Caja externa de la guía de onda	39
7.4.1	Dimensiones de la caja externa de la guía de onda	39

7.4.2	Material de la caja externa de la guía de onda	39
7.5	Tubería que permite la conducción del aire a la guía de onda	39
7.6	Rejillas instaladas en las distintas salidas del purificador.....	40
8.	<i>Resultados finales.....</i>	<i>41</i>
8.1	Circuito eléctrico	41
8.1.1	Circuito de alta tensión	41
8.1.2	Circuito de baja tensión.....	44
8.1.3	Caja que alberga los componentes eléctricos.....	48
8.2	Guía de onda	48
8.2.1	Sección de la guía de onda.....	48
8.2.2	Resultados simulación campo eléctrico en guía de onda vs cámara resonante.....	50
8.2.3	Longitud de la guía de onda.....	51
8.2.4	Material de la guía de onda.....	53
8.2.5	Geometría de la guía de onda.....	53
8.2.6	Régimen de circulación en la guía de onda.....	53
8.2.7	Balance de energía mecánica para una circulación isoterma	53
8.3	Equipo para la impulsión de gases.....	54
8.4	Caja externa de la guía de onda	55
8.4.1	Dimensiones de la caja externa de la guía de onda.....	55
8.4.2	Material de la caja externa de la guía de onda	56
8.5	Tubería que permite la conducción del aire a la guía de onda	56
8.6	Rejillas instaladas en las distintas salidas del purificador.....	56
9.	<i>Planificación.....</i>	<i>58</i>
10.	<i>Orden de prioridad entre los documentos básicos</i>	<i>60</i>
11.	<i>Estudio de viabilidad económica</i>	<i>61</i>
11.1	Resumen del presupuesto de inversión.....	61
11.2	Presupuesto de explotación.....	62
11.2.1	Inversión inicial.....	63
12.	<i>Conclusiones.....</i>	<i>64</i>

0. Resumen

El presente proyecto pretende obtener un purificador de aire basado en tecnología microondas capaz de purificar espacios cerrados en presencia de personas, sin generar residuos. La elección de la tecnología microondas se ve justificada al tratarse de un método de descontaminación sencillo, económico y no invasivo en comparación con el resto de las tecnologías de purificación del aire, como filtros HEPA, generadores de ozono, ionizadores y luz ultravioleta.

Durante el desarrollo del TFG, se identificarán los recintos prioritarios y sus requisitos, se determinarán las condiciones de inactivación del virus, se diseñará la cámara de inactivación y se diseñará el sistema eléctrico del purificador.

Además, se definirán las condiciones de trabajo correspondientes de cada uno de los componentes a utilizar, así como el porqué de su elección.

Por lo tanto, se incluirán bocetos, renders, planos, elección de materiales, cálculos eléctricos y cálculos de fluidos. Se incluirá también, un estudio de costes y la viabilidad económica para mejorar la calidad del producto.

1. Objetivo

El objetivo principal del presente proyecto es solucionar un problema social, como es el contagio por aerosoles en espacios cerrados. Para ello, se diseñará un purificador adecuado para recintos cerrados en presencia de personas, que logre la esterilización del aire a partir de microondas especialmente dirigidas a los aerosoles biológicos, incluyendo de este modo la eliminación de microorganismos, toxinas y otros compuestos orgánicos. El purificador que desea diseñarse debe ser capaz de higienizar aproximadamente 13,5 L/s, lo que asegura la renovación de todo el aire de una habitación de 50m³ cada hora. Además de la higienización del aire, se pretende que el sistema no genere residuos e iones perjudiciales para la salud, como otros sistemas.

2. Alcance

El alcance del presente proyecto es el diseño de un purificador de aire que pueda utilizarse en espacios cerrados con presencia de personas. Se ha seleccionado la radiación de microondas por no ser una radiación ionizante y por tener una eficiencia energética alta.

Para lograrlo, será necesario:

- Identificación de los recintos prioritarios y los equipos
- Determinación de las condiciones de inactivación del virus
- Diseño de una cámara de inactivación acorde a las necesidades establecidas

Para comprobar la eficacia del proyecto sería necesaria la construcción de un montaje experimental que permitiese comprobar la inactivación de los microorganismos presentes en un flujo de bioaerosoles a partir de la modificación de un microondas comercial y el posterior análisis de las muestras de aire recogidas.

3. Antecedentes

3.1 Historia de la investigación de aerosoles

A raíz de la pandemia de COVID-19, el brote de síndrome respiratorio agudo severo (SARS) en 2003 y la infección viral H1N1 global en 2009 la exposición biológica se ha convertido en una de las principales preocupaciones a nivel mundial, y la transmisión a través de aerosoles es uno de los mecanismos responsables de su rápida propagación.

Sin embargo, resulta conveniente remarcar y recordar que la investigación de aerosoles comenzó en el siglo XVIII para poder tener una visión global y general de la importancia de este campo de estudio.

En 1833, Charles Darwin encontró esporas de moho en el polvo recogido del aire en las islas de Cabo Verde, lo que se convirtió en la primera observación de microorganismos transportados por el aire. En 1861 Pasteur documentó la existencia de organismos en el aire en su trabajo "Memorias sobre los cuerpos organizados que existen en la atmósfera". Haldane y Anderson (1887) observaron la influencia de la ventilación y se publicaron informes acerca de la transmisión de la viruela en el hospital (Wells 1905). En 1908 en la revista Science se publicó por primera vez un nuevo método que permitía enumerar las bacterias transmitidas por el aire a partir de un muestreador tipo impiger (Winslow 1908). En 1933 en un vuelo de Maine a Dinamarca, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, encontró esporas de hongos en las muestras de aire recogidas durante el vuelo, lo que supuso un momento clave para la investigación de los bioaerosoles.

Por otro lado, la aparición en 1988 de la tecnología PCR (reacción en cadena de la polimerasa) supone un gran avance en el campo de los bioaerosoles (Peccia y Hernández 2006).

Así pues, a partir del siglo XIX, el campo de los bioaerosoles (conocido como "Micrografía Atmosférica" durante 1861-1882) ha experimentado un progreso significativo y durante las últimas décadas, son numerosos los esfuerzos especiales para promover el conocimiento del campo de los bioaerosoles entre la comunidad académica.

3.2 Introducción a las partículas y los aerosoles

Todas las personas al hablar, toser, respirar y reír emiten gotas a través de las vías respiratorias al entorno circundante, lo que puede dar lugar a una mala higiene del aire y causar efectos adversos para la salud y enfermedades. La exhalación humana contiene gotas en el rango de 0,01-1000 μm . La comunidad médica de enfermedades infecciosas

divide las gotas en dos clases: las gotas mayores de 5-10 μm de diámetro se clasifican como gotas respiratorias, mientras que las gotas menores de 5 μm se denominan aerosoles. Sin embargo, la evidencia actual y las publicaciones de epidemiólogos e ingenieros expertos en aerosoles indican que este límite debe ser revisado. Así pues, numerosos estudios actualmente consideran que cualquier partícula menor de 100 μm puede considerarse un aerosol, ya que quedará suspendida en el aire por un tiempo elevado.

El peligro se genera cuando las personas contienen una infección activa en las vías respiratorias y cargan los aerosoles que expulsan de especies microbianas patógenas, recibiendo estos el nombre de bioaerosoles.

Así pues, se entiende por bioaerosol las partículas de origen biológico suspendidas en el medio gaseoso que incluye virus, bacterias, hongos y alérgenos, entre otros.

El comportamiento aerodinámico de los aerosoles y las partículas es distinto en función del tamaño y la densidad de estos. En función del tamaño existen los siguientes grupos:

- Aerosoles con tamaños menores a 5 μm : Capacidad para alcanzar los alvéolos
- Aerosoles con tamaños entre 5 y 15 μm : Alcanzan la tráquea y bronquios principales
- Aerosoles con tamaños entre 15 y 100 μm : Alcanzan las vías respiratorias superiores
- Partículas con tamaños superiores a 100 μm : Su comportamiento es catalogado como “balístico”. Estas pueden recorrer distancias de hasta 2 metros desde el emisor, pudiendo de este modo alcanzar a personas cercanas, impactando en ellas y pudiendo generar una infección. Debido a su tamaño, estas partículas se depositan en el suelo y las superficies en pocos segundos, debido a la acción de la gravedad.

En general, los aerosoles quedan suspendidos en el aire por un tiempo elevado, que en función de las condiciones ambientales puede variar desde segundos hasta horas. Por lo que respecta a la inhalación, estos pueden ser inhalados a una distancia mayor a dos metros del emisor o incluso en ausencia de este, si los aerosoles todavía permanecen suspendidos en el aire, como se muestra en la Ilustración 1.

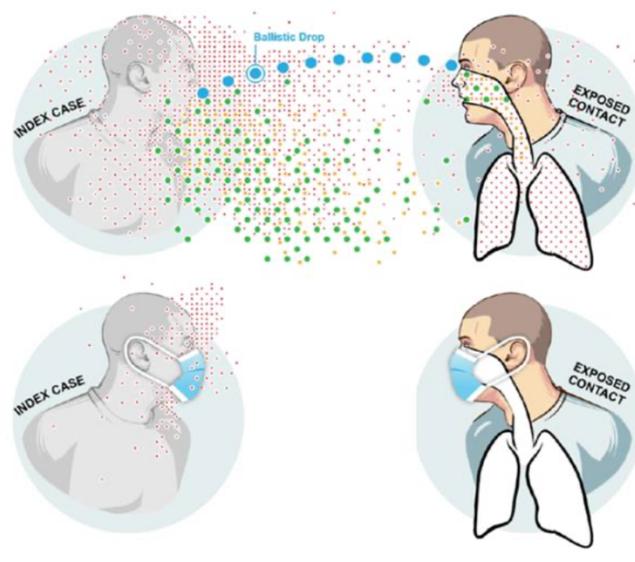


Ilustración 1. Emisión partículas y aerosoles por parte del caso índice (emisor) a un contacto expuesto (receptor) a una distancia inferior a dos metros, con y sin mascarilla. Puntos azules: partículas balísticas ($\geq 100 \mu\text{m}$); puntos verdes: aerosoles grandes ($>15 \mu\text{m}$ hasta $100 \mu\text{m}$); puntos naranjas: aerosoles intermedios ($>5 \mu\text{m}$ hasta $15 \mu\text{m}$); puntos rojos: aerosoles de pequeño tamaño ($\leq 5 \mu\text{m}$).

3.3 Transmisión del virus

Respecto a la transmisión del virus en interiores, esta es superior a la transmisión en exteriores debido a los mayores tiempos de exposición y menores niveles de turbulencia. Además, los patrones de flujo en interiores son extremadamente difíciles de predecir, ya que dependen tanto de las condiciones de contorno (por ejemplo, la ubicación de los respiraderos de entrada y salida), como de la dinámica interna del fluido (fuerzas asociadas a las diferencias de temperatura).

Así pues, el nivel de contaminación interior, junto a la temperatura y la humedad relativa constituyen la calidad del aire interior, por lo que resulta crucial la ventilación forzada de los espacios cerrados y relativamente pequeños.

Sin embargo, existe una clara tensión entre este requisito y la capacidad de mantener el confort térmico en los edificios sin un consumo excesivo de energía. Como respuesta a esta cuestión resulta conveniente la instalación de sistemas de purificación de aire para los entornos cerrados, gracias a los que en una situación idónea el aire contaminado entra en el purificador y sale de él como aire puro libre de virus.

Además, es importante tener en cuenta que la entrada de aire integrada en el purificador induce una circulación de flujo que puede contribuir al transporte de las gotas de saliva

contaminadas en los espacios cerrados. Por lo tanto, el éxito de los purificadores de aire radica en que las autoridades sanitarias y de seguridad revisen las directrices atendiendo a los efectos de la circulación del flujo y la dispersión de las gotas que surgen de los purificadores y desinfectantes de aire en los espacios confinados, pues el principal objetivo debe ser la reducción de la AVT (Transmisión del Virus por Aire) mediante la minimización de la dispersión de gotas.

3.4 Ventilación

El principal objetivo de la ventilación de un espacio cerrado es proporcionar aire fresco para respirar y eliminar el calor y los contaminantes no deseados de dicho espacio. Además, es evidente que las necesidades de ventilación en las distintas estaciones serán diferentes. En invierno, por ejemplo, el calor no deseado es escaso y la principal necesidad de la ventilación consiste en proporcionar aire fresco, al contrario que en verano, que se emplean caudales más elevados. Sin embargo, son numerosos los recintos que no están provistos o en los que no es sencilla la instalación de esta ventilación.

Como se ha mencionado anteriormente, una mala ventilación o higiene del aire, contribuye a la propagación de enfermedades transmitidas por el aire, como la tuberculosis y el COVID y teniendo en cuenta que, aproximadamente, 70 de cada 100 personas infectadas por COVID son asintomáticas, es evidente el peligro que supone la concentración de un elevado número de personas en espacios cerrados.

La importancia de la ventilación se expresa en la ecuación de Wells-Riley. Esta establece que la probabilidad de infección por los núcleos goticulares infecciosos P, es inversamente proporcional a la tasa de ventilación, como se muestra en la Ecuación 1.

Ecuación 1.

$$P = \frac{D}{S} = 1 - \exp\left(-\frac{I \cdot p \cdot q \cdot t}{Q}\right)$$

Donde: P = probabilidad de infección para las personas vulnerables

D = número de casos de enfermedad

S = número de personas vulnerables

I = número de personas infectantes

p = frecuencia respiratoria por persona (m³/s)

q = tasa de generación de núcleos goticulares por una persona infectada (quanta/s)

t = tiempo total de exposición (s)

Q = tasa de suministro de aire exterior (m^3/s)

Esta ecuación supone que la ventilación es uniforme en todo el espacio. Sin embargo, resulta importante conocer que los flujos locales pueden ser significativos.

La ventilación, ya sea natural o mecánica, tiene dos modos principales.

La ventilación por mezcla (edificios con aire acondicionado) es la más común. En este tipo las entradas y salidas están diseñadas para generar un flujo que sea capaz de mantener el espacio bien mezclado, de modo que la temperatura y cualquier contaminante sean uniformes en todo el espacio.

El segundo modo es la ventilación por desplazamiento. En esta, los respiraderos se disponen de forma que se establece una estratificación interior con una zona inferior fría bajo una zona superior caliente. Este modo, está diseñado para mantener a los ocupantes en la zona inferior fría, por lo que los extractores se sitúan en la parte superior del espacio. En la ilustración 2 se muestra un esquema de estos modos.

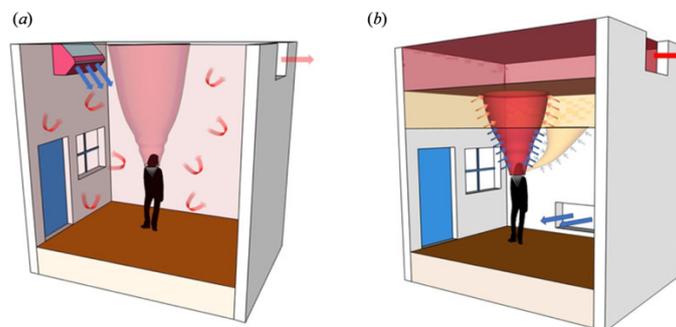


Ilustración 2. Esquema de los flujos de ventilación con los distintos elementos de flujo, como el cuerpo, los flujos de entrada, la estratificación y las flechas que indican el arrastre y la mezcla. (a) Ventilación de mezcla. Excepto cerca de las entradas y salidas de aire, las condiciones interiores permanecen aproximadamente uniformes. (b) Ventilación por desplazamiento.

3.5 Estudio de mercado

La situación de pandemia por la COVID-19 ha generado unas necesidades de desinfección de todo tipo de ambientes y materiales muy superiores a las habituales. Así pues, resulta conveniente estudiar las tecnologías existentes para la elección de aquella que más se ajuste a las necesidades del presente proyecto.

- Filtros HEPA

Los filtros HEPA deben sus siglas a su definición en inglés; High Efficiency Particulate Air. Así pues, son filtros de aire de alta eficiencia para partículas. Estos son considerados uno de los sistemas de purificación de aire más eficaces contra los virus.

Este tipo de filtro se puede clasificar en función de su eficiencia de filtración con partículas pequeñas, es decir, a mayor capacidad de retener aerosoles, mayor calidad de filtro. En concreto, los filtros HEPA pueden dividirse en:

- Tipo H13: Tienen una eficacia de retención mayor a 99,95%.
- Tipo H14: Con una eficacia de retención mayor a 99,995%.

Sin embargo, estos filtros presentan una gran desventaja, su vida útil. Los filtros HEPA tienen caducidad, es decir, estos deben ser reemplazados ya que a medida que son utilizados pierden eficacia. Una consecuencia directa de esta corta vida útil son los residuos que genera tener que cambiar estos filtros. Además, estos residuos contienen los virus, ácaros y bacterias que han ido captando a lo largo de su vida útil, lo que supone un problema.

La Ilustración 3 muestra como los filtros HEPA se combinan con otros para alcanzar una mayor eficacia.

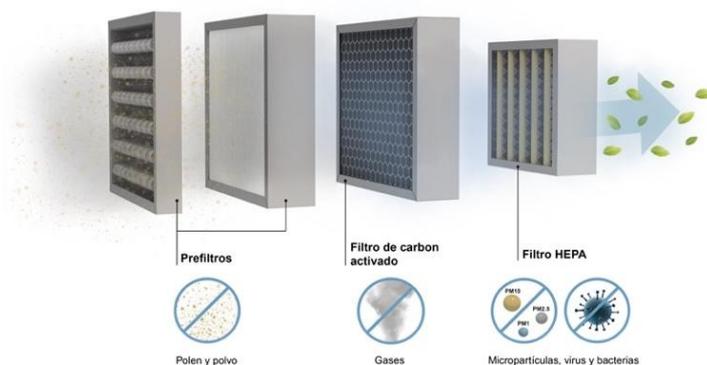


Ilustración 3. *Etapas de la filtración con tecnología HEPA.*

- Generación de ozono

Los generadores de ozono, también conocidos como ozonizadores, son máquinas generadoras de ozono de manera artificial. Sus aplicaciones son numerosas y difieren en función del tamaño, potencia y prestaciones del ozonizador. Por lo que respecta a los

ozonizadores para aire, estos se encargan de desinfectar y purificar todo tipo de ambientes.

Como ventaja respecto al anterior, este sistema no debe reemplazarse, por lo que no genera residuos derivados del reemplazo. Sin embargo, la principal desventaja para su utilización es que el ozono presenta riesgos para la salud de las personas, por lo que resulta evidente descartar esta opción para presente proyecto, pues este trata de dar respuesta a la necesidad de higienizar interiores en presencia de personas.

- Ionizador

Con este método ocurre algo similar que con los ozonizadores. Estos aparatos desinfectan y limpian los espacios basándose en la atracción electrostática. Los ácaros, los virus y las bacterias son partículas cargadas positivamente, por lo que los iones negativos generados por los ionizadores se unen a las partículas positivas. Al generarse la unión, las partículas se vuelven más pesadas, provocando que estas caigan al suelo. Es por ello conveniente utilizar sistemas de limpieza del suelo con estos aparatos. Sin embargo, como se ha mencionado, los ionizadores presentan una problemática similar a los ozonizadores, pues como cualquier radiación ionizante genera ozono y compuestos orgánicos residuales, lo que supone un riesgo para la salud de las personas. De este modo, este sistema de purificación también se desaconseja para el problema que se trata de solucionar el presente trabajo.

- Luz ultravioleta

La radiación ultravioleta-C (UV-C) es una de las tecnologías más comunes utilizadas exitosamente durante muchos años para la desinfección del agua y en los sistemas de ventilación para controlar la formación de biopelículas y desinfectar el aire.

En estudios de laboratorio se ha observado la eficacia de la radiación UV-C en la desinfección de distintos patógenos entre los que se incluye SAR-CoV y MERS-Co-V, por lo que resulta de interés incluir esta tecnología en el listado. Sin embargo, el Ministerio de Sanidad advierte de que las radiaciones UV-C no se pueden aplicar en presencia de personas, ya que estas generan compuestos orgánicos residuales (incluidos radicales libres) y ozono, ambos muy perjudiciales para la salud humana. Por otro lado, la OMS y la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) advierten contra el uso de las lámparas UV-C para desinfectar las manos o cualquier otra superficie de la piel, ya que

produce quemaduras y es cancerígeno. Por los motivos expuestos, resulta desaconsejable la utilización de esta tecnología para el presente proyecto.

- Microondas

La energía de microondas es una forma de radiación electromagnética no ionizante en el rango de frecuencias de 300 MHz a 300 GHz, como puede observarse en la Ilustración 4.

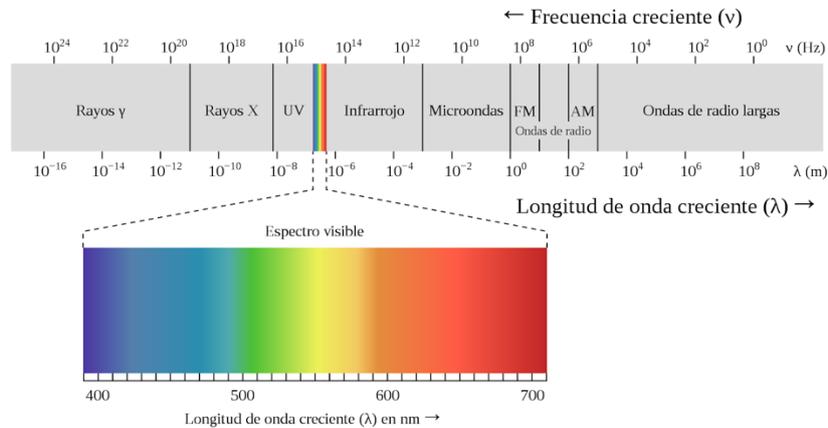


Ilustración 4. *Espectro electromagnético.*

La irradiación por microondas se utiliza ampliamente para inactivar microorganismos en líquidos, alimentos y superficies. Además de estas aplicaciones, Hamid et al. (2001) han estudiado brevemente los efectos de las microondas en la capacidad de cultivo de bacterias y hongos heterogéneos en el aire.

Los trabajos científicos acerca de la higienización de corrientes aéreas que contienen patógenos en aerosol a partir de radiación microondas es escasa. No obstante, se conoce que esta tecnología presenta las siguientes ventajas:

- Las microondas, como radiación no ionizante, no generan ozono, lo que permite su uso en presencia de personas
- Las microondas pueden confinarse con facilidad, por lo que su uso es seguro para las personas
- El aire es transparente a las microondas, por lo que no se interfiere en su acondicionamiento
- Las microondas aplicadas sobre un aerosol calientan súbitamente el agua y los virus, desnaturalizándolos y provocando de este modo su inactivación

- Las microondas conducidas a un susceptible adecuado pueden calentarlo hasta cientos de grados, provocando la pirólisis de la materia orgánica y evitando la acumulación de residuos orgánicos

Para concluir el presente apartado, es importante contemplar que los esfuerzos de investigación de la comunidad científica por estudiar la posibilidad de reducir la viabilidad de los patógenos potencialmente infecciosos transmitidos por aerosoles mediante el uso de radiación no ionizante son cada vez mayores debido, en gran parte, a las preocupaciones social y sanitaria asociadas a la pandemia de COVID-19.

Así pues, teniendo en cuenta el estudio realizado y con el objetivo de desarrollar y diseñar un purificador adecuado para recintos cerrados en presencia de personas que logre la esterilización del aire, la tecnología que mejor se adapta a las necesidades establecidas y que mayores ventajas presenta son las microondas. Esto se justifica debido a que se trata de un método de descontaminación sencillo, rentable y no invasivo en comparación con el resto de las tecnologías de purificación del aire anteriormente expuestas.

3.6 Transmisión de la onda por la guía y formación zonas alta y baja intensidad

Una guía de ondas es una estructura física capaz de guiar una onda electromagnética con una pérdida mínima de energía, al restringir la transmisión de esta onda en una única dirección, de modo que, en condiciones ideales, la onda no pierde potencia al propagarse. Las guías de ondas admiten la propagación de modos eléctricos transversales (TE) y nodos magnéticos transversales (TM). Las ondas en las guías pueden propagarse siempre que la frecuencia de operación esté por encima de su frecuencia de corte.

Es conveniente tener en cuenta que la transmisión de la onda (en el caso del presente proyecto, la microonda) por el interior de la guía provoca zonas de alta y baja intensidad. Estas zonas se forman por el rebote que produce la onda en las paredes de la guía, que crea interferencias constructivas (zonas de alta intensidad) o destructivas (zonas de baja intensidad).

Estas zonas de alta y baja intensidad pueden observarse en la Ilustración X, en rojo las zonas de alta intensidad y en azul las de baja intensidad.

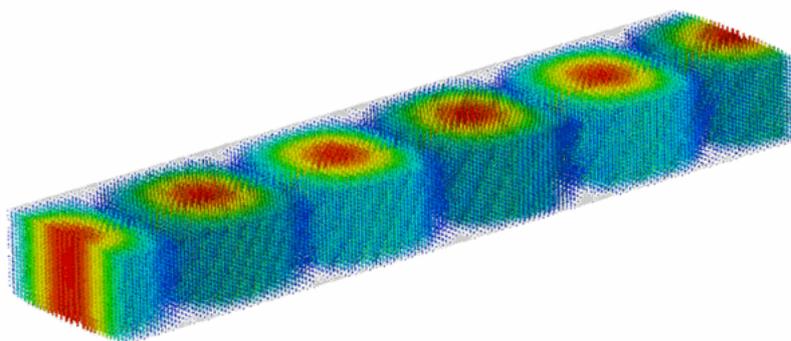


Ilustración 5. Animación dentro de una guía de onda de sección rectangular.

3.7 Estudio relativo al presente proyecto

El presente proyecto utiliza datos bibliográficos para el desarrollo del mismo. Gracias a la investigación de artículos relacionados con la inactivación in situ de los virus transportados por el aire mediante la irradiación microondas, ha sido posible caracterizar el comportamiento cinético de dichos experimentos, asimilando los mismos a un Reactor Discontinuo de Tanque Agitado (RDTA). Así pues, los datos empleados para ello han sido recogidos del artículo [10] Wu, Y., & Yao, M. (2014). In situ airborne virus inactivation by microwave irradiation. *Chinese science bulletin*, 59(13), 1438-1445. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11434-014-0171-3> . En el mismo se investiga a partir del bacteriófago MS2, utilizado como virus modelo humano, que se aerosolizó y posteriormente se expuso a la irradiación microondas a 700W durante 2 minutos, demostrando una eficacia de inactivación superior al 90%, utilizando un horno de microondas casero (20 L).

Estos datos sirven como punto de partida para los cálculos y diseño del presente proyecto, y serán utilizados en apartados posteriores.

4. Normas y referencias

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

En este apartado, se detalla la normativa aplicada en durante la realización del presente proyecto.

- Norma UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- Norma UNE EN ISO 5455:1996. Dibujos técnicos. Escalas.
- Norma UNE 1026-2:1983 (ISO 5457). Dibujos técnicos. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.
- Norma UNE 1035:1995 (ISO 7200). Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.
- Norma UNE 1102. Dibujos técnicos. Simbología.

4.2 Programas utilizados

Los programas que se han utilizado durante la realización del proyecto son los siguientes:

- Microsoft Word, para la redacción del proyecto
- Microsoft Excel, para cálculos, tablas y operaciones
- SolidWorks, para el diseño y desarrollo del proyecto
- Paint 3D
- Adobe Acrobat Reader DC
- Project
- CST Studio Magnet

4.3 Bibliografía

La bibliografía consultada para la realización del presente proyecto es la siguiente:

- [1] Apuntes de la asignatura EQ1009 – “Expresión gráfica”
- [2] Apuntes de la asignatura EQ1018 – “Electrotecnia y electrónica”
- [3] Apuntes de la asignatura EQ1019 – “Mecánica de fluidos”
- [4] Apuntes de las asignatura EQ1030 – “Reactores químicos y bioquímicos”
- [5] Apuntes de la asignatura EQ1031 – “Proyectos de Ingeniería”
- [6] Apuntes de la asignatura EQ1041 – “Procesos biotecnológicos”
- [7] Apuntes de la asignatura EQ1031 – “Proyectos de Ingeniería”
- [8] Apuntes de la asignatura EQ1044 – “Trabajo Final de Grado”

- [9] Ministerio de Sanidad. (2020, noviembre). *Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles*. https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosoles.pdf
- [10] Wu, Y., & Yao, M. (2014). In situ airborne virus inactivation by microwave irradiation. *Chinese science bulletin*, 59(13), 1438-1445. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11434-014-0171-3>
- [11] Wu, Y., & Yao, M. (2010). Inactivation of bacteria and fungus aerosols using microwave irradiation. *Journal of Aerosol Science*, 41(7), 682-693. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850210000996?casa_token=wHJq0PBdGyQAAAAA:A4cTi7S181CnlbLWToV4ciyxqtVgirs9luR2h5AgVWeVjhWEGxgViXwiQHMsKfKnavwxG5L8sdg
- [12] Woo, M. H., Grippin, A., Wu, C. Y., & Wander, J. (2012). Microwave-irradiation-assisted HVAC filtration for inactivation of viral aerosols. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(3), 295-303. <https://aaqr.org/articles/aaqr-11-11-0a-0193>
- [13] Enderich, D. A., Hoff, B. W., Geiler, M., Geiler, A., Ottesen, C., Cohick, Z. W., ... & Irshad, H. (2021). Nonlinear transmission line-driven apparatus for short-pulse microwave exposure of aerosolized pathogens. *Review of Scientific Instruments*, 92(6), 064712. https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0046849?casa_token=dfmdDD0YamkAAAAA:UyM4ztYYxF874L_bpt59Vo4Ws2NchiaVJs9QIhdGVseQ-zEyQWFEMs0VxQOeIm2QPa44-Bjy2mQ
- [14] Huang, K., Li, J., & Zhang, Y. (2021). Research on Dry Microwave Heating Infectious Aerosols or Droplets on Respirators. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 69(9), 4246-4255. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9460768?casa_token=aF-zii811mgAAAAA:8hHtU7ys6ub9KujjOdIkuQceNBGpB1QeJBaIXpGp7YyqMEOm7thpjSMo372ktCraTA5t2d69mw
- [15] Bhagat, R. K., Wykes, M. D., Dalziel, S. B., & Linden, P. F. (2020). Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. *Journal of Fluid Mechanics*, 903. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/effects-of-ventilation-on-the-indoor-spread-of-covid19/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3>

- [16] Agrawal, A., & Bhardwaj, R. (2020). Reducing chances of COVID-19 infection by a cough cloud in a closed space. *Physics of Fluids*, 32(10), 101704. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0029186>
- [17] Abuhegazy, M., Talaat, K., Anderoglu, O., & Poroseva, S. V. (2020). Numerical investigation of aerosol transport in a classroom with relevance to COVID-19. *Physics of Fluids*, 32(10), 103311. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0029118>
- [18] Secretariat, M. A. (2005). Air cleaning technologies: an evidence-based analysis. *Ontario health technology assessment series*, 5(17), 1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3382390/>
- [19] Hoff, B. W., McConaha, J. W., Cohick, Z. W., Franzi, M. A., Enderich, D. A., Revelli, D., ... & Perini, S. (2021). Apparatus for controlled microwave exposure of aerosolized pathogens. *Review of Scientific Instruments*, 92(1), 014707. https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/5.0032823?casa_token=XQFWFmerldoAAAAA%3AL5pnOEAKVkbWPgAKEWZymgaAWXO2iBEUw1hSt9ZLobzw3lZdZiw6r7khVLjNjDmermbDr6cxgc0
- [20] Xu, Z., Wu, Y., Shen, F., Chen, Q., Tan, M., & Yao, M. (2011). Bioaerosol science, technology, and engineering: past, present, and future. *Aerosol Science and Technology*, 45(11), 1337-1349. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02786826.2011.593591>
- [21] Olmo, M., & Nave, R. (s. f.). Microwave Ovens. HyperPhysics. Electricidad y Magnetismo. Recuperado 10 de junio de 2022, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Waves/mwoven.html>

4.4 Páginas web

Además de la bibliografía anteriormente expuesta, se han consultado y utilizado durante la realización del proyecto las siguientes páginas web:

- [1] <https://www.airalia.es/climatizacion/purificadores-de-aire/ionizador-vs-purificador-de-aire-vs-ozonizador/>
- [2] <https://phsserkonten.com/ozonizador/>
- [3] <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/ventilacion-climatizacion-covid-19>
- [4] <https://multimedia.3m.com/mws/media/1828553O/proteccion-respiratoria-para-exposicion-ante-riesgos-biologicos-tdb174-spanish.pdf>
- [5] <https://www.fundacionaquae.org/wiki/diferencias-virus-bacterias/>

- [6] <https://cuidateplus.marca.com/bienestar/2020/02/27/diferencias-virus-bacterias-172189.html>
- [7] <https://www.merriam-webster.com/medical/bioaerosol>
- [8] <https://www.capacitorindustries.com/products/ch85-2100-115f/>
- [9] <https://www.ebay.es/itm/293187670496?chn=ps&mkevt=1&mkcid=28>
- [10] <https://www.todorepuestoselectro.com/magnetron-2m319j-para-microondas-sharp-kenwood-tcd061>
- [11] <https://www.amazon.es/HUABAN-2CL4512-microondas-Rectificador-voltaje/dp/B087CZT7D2>
- [12] https://www.digikey.es/en/products/detail/bel-fuse-inc/5MF-700-R/1009032?utm_source=FindChips&utm_medium=buyNow
- [13] <https://belfuse.com/resources/datasheets/circuitprotection/ds-cp-5mf-5mfp-series.pdf>
- [14] <https://www.farnell.com/datasheets/2842926.pdf>
- [1] <https://es.farnell.com/multicomp-pro/mp000861/fusible-cartucho-retardo-15a-250vac/dp/3220884?st=fusible%20250v%2015a#anchorTechnicalDOCS>
- [15] [https://es.farnell.com/volex/x-285663a/cable-negro-2-5-m-europeo/dp/1124386?st=cable%](https://es.farnell.com/volex/x-285663a/cable-negro-2-5-m-europeo/dp/1124386?st=cable%20250v%2015a#anchorTechnicalDOCS)
- [16] <https://www.farnell.com/datasheets/2595686.pdf>
- [17] https://esp.grandado.com/products/piezas-de-horno-microondas-motor-de-refrigeracion-2-polos-enchufables-motor-asincrono-yz-e6120-m51d-mdt-10cef-18w-juego-de-aspas-de-ventilador?gclid=CjwKCAjwuYWSBhByEiwAKd_n_rjZjdJ-A4ZkVqeEujWWxGlSkXHspPtSVXsTXQ4VMUsUQXFIyf6IUxoC-lkQAvD_BwE&variant=UHJvZHVjdFZhcmlhbnQ6MjUxMTcwODcz
- [18] <https://shop.aeg.com.es/cocina/microondas/electronica/protector-termico-para-horno-de-microondas/p/50294443002>
- [19] <https://es.farnell.com/arcoelectric/c5503abnan/rocker-switch-spst-illum-red-i/dp/678211>
- [20] <https://www.farnell.com/datasheets/23557.pdf>
- [21] <https://es.jf-parede.pt/switches-types-working>
- [22] https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5421/SOTOMAYOR_DENIS_SIMULACION_NUMERICA_INTERCAMBIADOR_CALOR_FLUJO_TRANSVERSAL_ALETEADO_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [23] <https://es.slideshare.net/cosmeacr/coeficientes-de-rugosidad-haestad>

- [24] <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/microsoft-365>
- [25] <https://solid-bi.es/precio-solidworks/>
- [26] <https://www.educadictos.com/la-amortizacion-contable/>
- [27] [https://es.rs-online.com/web/p/ventiladores-axiales/2025376?cm_mmc=ES-PLA-DS3A- -google- -CSS ES ES Climatizacion y Gestion Termica Whoop- - \(ES:Whoop!\)+Ventiladores+Axiales-_-2025376&matchtype=&pla-307534482401&gclid=CjwKCAjwTlaVBhBkEiwAsr7-c_rPFTItJ9XmjGxYUuN4yX0xWYd678GK_EXnhw6DDxvSVrwlydVlGxoCw1sQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds](https://es.rs-online.com/web/p/ventiladores-axiales/2025376?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Climatizacion_y_Gestion_Termica_Whoop--(ES:Whoop!)+Ventiladores+Axiales--2025376&matchtype=&pla-307534482401&gclid=CjwKCAjwTlaVBhBkEiwAsr7-c_rPFTItJ9XmjGxYUuN4yX0xWYd678GK_EXnhw6DDxvSVrwlydVlGxoCw1sQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

5. Definiciones y abreviaturas

Con el objetivo de facilitar la lectura y comprensión, así como la redacción del presente proyecto, se detallan a continuación las abreviaturas y las unidades empleadas.

5.1 Nomenclatura

Gripe H1N1: Gripe porcina

PCR: Reacción en cadena de la polimerasa

AVT: Transmisión del Virus por Aire

OMS: Organización Mundial de la Salud

CIE: Comisión Internacional de Iluminación

RDTA: Reactor Discontinuo de Tanque Agitado

RFP: Reactor Continuo Tubular de Flujo de Pistón

R_H: Radio hidráulico

D_E: Diámetro equivalente

f: Factor f

f: Frecuencia

λ : Longitud de la onda

V: Volumen

Q_v: Caudal volumétrico

C_j: Concentración del componente j

R_j: Velocidad de reacción del componente j

k: Constante de velocidad

X: Grado de conversión

t: Tiempo

S: Sección

L: Longitud

Re: Módulo de Reynolds

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno

PR: Periodo de Retorno

5.2 Unidades

L: Litro

m: Metro

cm: Centímetro

mm: Milímetro

m²: Metro cuadrado

m³: Metro cúbico

μm: Micrómetro

s: Segundo

min: Minutos

g: Gramo

kg: Kilogramo

K: Kelvin

°C: Celsius

MHz: Megahercio

GHz: Gigahercio

V: Voltio

kV: Kilovoltio

A: Amperio

mA: Miliamperio

μF: Microfaradio

N: Newton

€: Euros

J: Julios

6. Requisitos de diseño

Con el fin de llevar a cabo el diseño y desarrollo del proyecto, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación de los recintos prioritarios y requisitos
- Determinación de las condiciones de inactivación del virus
- Principios de la tecnología microondas
- Condiciones necesarias de la cámara de inactivación, así como dimensiones de la misma
- Configuración eléctrica de un microondas

Para dar solución a las cuestiones anteriores, se estudiará:

- Análisis del problema y propuesta de alternativas con el fin de llegar a la solución óptima
- Cálculos y selección de materiales
- Estudio de costes y la viabilidad económica

7. Análisis de soluciones

En primer lugar, resulta conveniente exponer las partes que forman el purificador de aire que se pretende diseñar.

Estas son:

- Parte eléctrica con los correspondientes equipos eléctricos. Todos ellos se encontrarán contenidos en una caja diseñada a medida, que constituirá la base del purificador.
- Guía de onda.
- Ventilador para la impulsión del aire del habitáculo por el purificador.
- Caja externa. En ella se encontrará contenida la guía de onda, pues la caja actúa como segunda barrera de protección, para asegurar la seguridad del prototipo.
- Tubería que permita la conducción del aire desde el ventilador instalado en la caja externa hasta la guía de onda.
- Rejillas instaladas en las distintas salidas del purificador al exterior como elemento adicional de seguridad. La función de estas es asegurar que las ondas permanezcan contenidas el interior de la guía.

7.1 Circuito eléctrico

Antes de proceder a detallar los componentes que conforman el circuito eléctrico de un horno microondas resulta conveniente exponer brevemente cómo funciona el mismo.

Así pues, la electricidad entra en el circuito eléctrico a través de un de circuito de seguridad, formado por fusibles y protectores térmicos diseñados para desactivar el horno microondas en caso de un cortocircuito eléctrico o condición de sobrecalentamiento. A continuación, los componentes de la sección de alta tensión se encargan de convertir la tensión de línea (230V) en alta tensión (aproximadamente 3000V). Esta sección de alta tensión la componen el transformador de alta tensión, el condensador y diodo de alta tensión y por último el magnetrón. Este último es el encargado de convertir dinámicamente la alta tensión en energía microondas.

7.1.1 Circuito de alta tensión

A continuación, se procede a detallar de forma individual los componentes que forman el circuito de alta tensión, así como su función:

- **Magnetron**

Es un tubo electrónico tipo diodo que se emplea para producir 2,45 GHz de energía microondas a partir de la alta tensión.

Aunque la configuración exterior del magnetron varía en función de la marca o modelo es importante tener en cuenta que las estructuras básicas internas se mantienen siempre constantes. Así pues, el magnetron está formado por las siguientes partes:

- Ánodo. Es un cilindro hueco de hierro desde el que son proyectadas una serie de paletas. Las zonas abiertas entre cada una de las paletas sirven como circuitos y determinan la frecuencia de salida del tubo. La estructura de este puede observarse en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Estructura del ánodo de un magnetron.

- Filamento. Este sirve como cátodo en el tubo. Está ubicado en el centro del magnetron.
- Antena. Es una proyección o círculo conectado al ánodo que se extiende dentro de una de las cavidades.
- Imanes. Son los encargados de producir el campo magnético. Están montados alrededor del magnetron, con el fin de obtener un campo magnético paralelo al eje del cátodo.

Como se ha comentado, el resto de las componentes que forman el magnetron pueden variar en cuanto a sus posiciones relativas, tamaño y forma, según la marca o modelo.

Todos los componentes mencionados pueden observarse en la Ilustración 7.

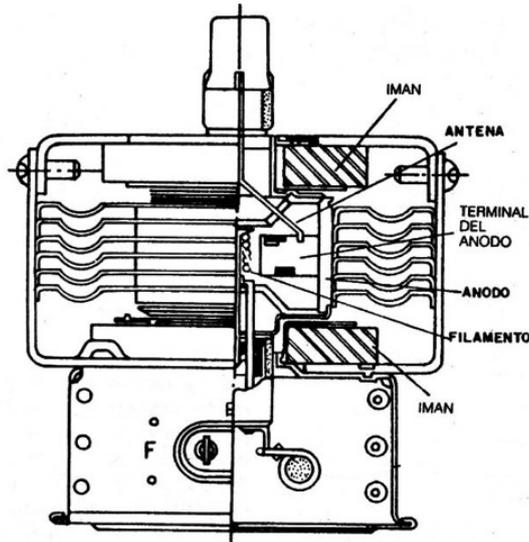


Ilustración 7. Estructura básica interna de un magnetrón.

- **Transformador**

El transformador es el encargado de generar la tensión de 2000 V.

El transformador está compuesto por 3 bobinados;

- Bobinado primario de 230V: Dispone de 2 terminales de salida. Es el bobinado de hilo de cobre grueso.
- Bobinado secundario de 2000V: Dispone de 1 terminal de salida. Es el bobinado de hilo de cobre fino. Alimenta al condensador mediante cable grueso.
- Bobinado secundario de 4000V. Dispone de 2 cables largos de salida, con conector macho, protegidos en los extremos. Es un bobinado de pocas espiras. Por un lado, se conecta directamente al magnetrón y por el otro, al otro terminal del condensador y al diodo que deriva a masa.

Un boceto del mismo puede observarse en la Ilustración 8.

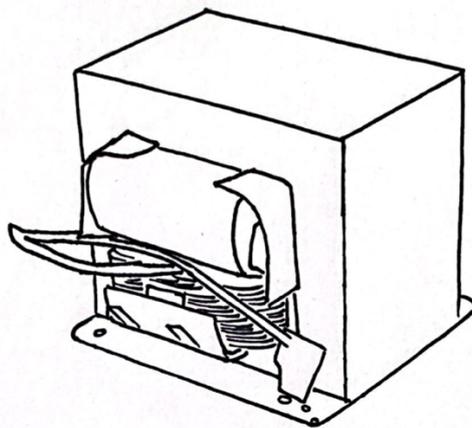


Ilustración 8. Boceto de un transformador.

- **Condensador de alto voltaje**

Un condensador es un componente eléctrico que almacena carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente.

El condensador contiene 2 terminales. A uno de ellos llegan los 2000 V del transformador, mientras que el otro se encuentra conectado a un diodo de alto voltaje que deriva la corriente en masa en forma de pulsos. Así pues, el condensador realiza la función de multiplicador de tensión, alcanzando los 4000 V que alimentan el magnetrón generador de las microondas.

Un boceto del mismo se muestra en la Ilustración 9.

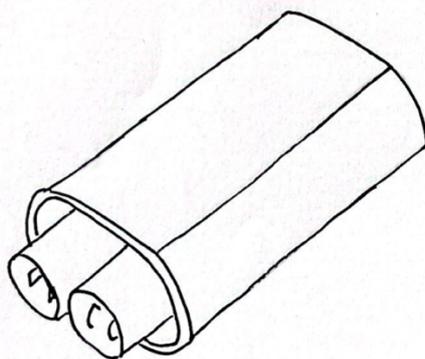


Ilustración 9. Boceto de un condensador de alto voltaje.

- **Diodo de alto voltaje**

Un diodo es un dispositivo semiconductor que actúa como un interruptor unidireccional para la corriente, es decir, permite que la corriente fluya en una dirección, pero no que fluya en la dirección opuesta. Este es uno de los componentes más susceptibles de causar problemas en el circuito eléctrico.

En este caso, la función del mismo es reducir el voltaje proveniente del condensador de alto voltaje, al que está conectado.

La Ilustración 10 muestra un boceto del mismo.

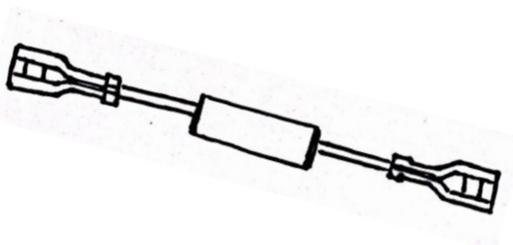


Ilustración 10. Boceto de un diodo de alto voltaje.

Es importante mencionar que el transformador, el magnetrón y el condensador y el diodo se encuentran conectados entre sí.

- **Fusible (fusible del circuito de alta tensión)**

Se encarga de la protección de las descargas de entrada, evita descargas eléctricas y protege de cortocircuitos. Su funcionamiento es el siguiente; cuando se produce una descarga de voltaje excedido, el fusible se quema, bloqueando el paso de la corriente.

Para este circuito serán necesarios dos fusibles; uno que se coloca al inicio del circuito eléctrico, a la entrada de la tensión domiciliar de línea (230 V), es decir, la zona de baja tensión (por lo que se incluirá en el siguiente subapartado), y el otro que se coloca en la zona de alta tensión entre el transformador y el condensador. Evidentemente, el amperaje de ambos será distinto debido a la diferencia de intensidades de la corriente eléctrica.

Un boceto del mismo puede observarse en la Ilustración 11.

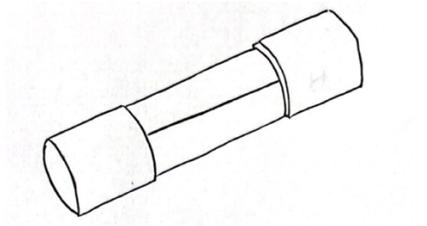


Ilustración 11. Boceto de un fusible de alta tensión.

7.1.2 Circuito de baja tensión

- **Protector térmico**

Este es un elemento de detección de temperatura compuesto por material semiconductor sinterizado. Funciona como un interruptor que permite o bloquea el paso de corriente en función de la temperatura, concretamente, cuando la temperatura es inferior al valor límite permitido, permite el paso de la corriente, mientras que, si la temperatura del equipo es superior a este valor debido a un cortocircuito o un sobrecalentamiento forzado, el paso de la corriente queda bloqueado.

En este circuito, el protector térmico es el encargado de controlar la temperatura del magnetrón.

A partir de la Ilustración 12 se observa un boceto del mismo.

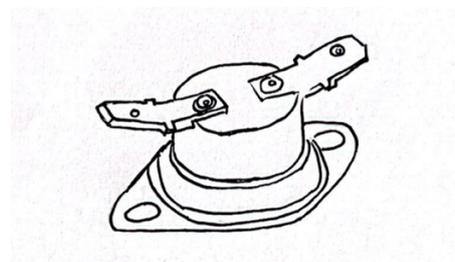


Ilustración 12. Boceto de un protector térmico.

- **Ventilador del magnetrón**

Funciona en paralelo con el magnetrón y su motor se alimenta a 230V. La función de este es disipar la temperatura que el magnetrón produce para evitar un sobrecalentamiento en el interior del equipo.

La Ilustración 13 muestra un boceto del motor de un ventilador de magnetrón. Además, la Ilustración 14 muestra un boceto de las aspas del mismo.

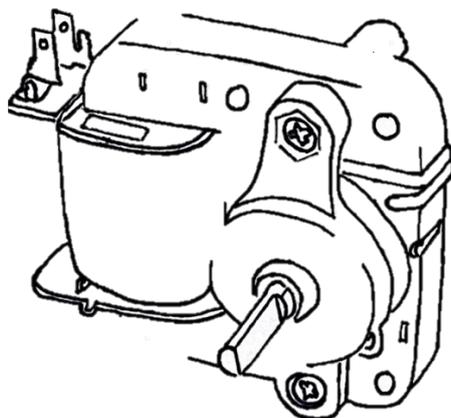


Ilustración 13. *Boceto del motor de un ventilador.*

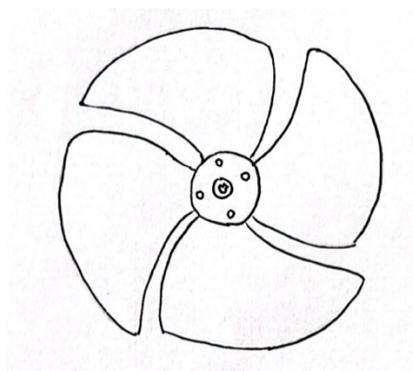


Ilustración 14. *Boceto de las aspas de un ventilador.*

- **Fusible del circuito de baja tensión**

Al igual que el fusible de alta tensión, se encarga de la protección del equipo de descargas de entrada, descargas eléctricas y cortocircuitos. El funcionamiento es idéntico que el del fusible de alta tensión.

El boceto de un fusible para el circuito de baja tensión es idéntico al del fusible para el circuito de alta tensión, por lo que este puede observarse en la Ilustración 11.

- **Cable de alimentación**

Es el encargado de vincular el microondas (o cualquier dispositivo eléctrico) y la corriente eléctrica a través de un enchufe. De este depende que los dispositivos eléctricos reciban la energía eléctrica necesaria para funcionar. Estos se caracterizan por tener una conexión temporal, y de fácil conexión y desconexión.

La Ilustración 15 muestra un boceto del cabezal de un cable de alimentación como el seleccionado.

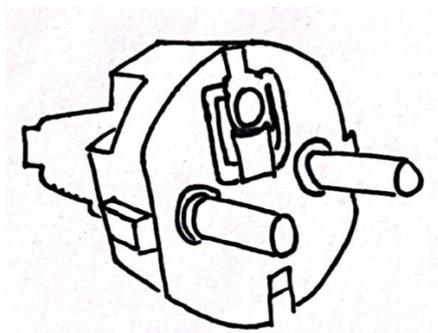


Ilustración 15. Boceto del cabezal de un cable de alimentación.

- **Interruptor**

Para el presente circuito eléctrico va a emplearse un interruptor de encendido/apagado básico de tipo monopolar de paso único (SPST). Este únicamente conecta o interrumpe la conexión entre dos terminales.

7.1.3 Caja que alberga los componentes eléctricos

Es importante exponer que los componentes que conforman el circuito eléctrico se dispondrán en una caja metálica del mismo material que el seleccionado para la caja externa de la guía de onda.

Esta debe tener unas dimensiones que permitan el correcto ensamblaje de la misma con la caja externa de la guía de onda, además de poder albergar el conjunto de los componentes eléctricos anteriormente mencionados.

7.2 Guía de onda

Una guía de onda consta de cualquier estructura física cuya función es guiar ondas electromagnéticas o de sonido, con una mínima pérdida de energía al restringir la transmisión de energía en una dirección, de modo que en condiciones ideales la onda no pierde potencia mientras se propaga. A pesar de que existen diferentes tipos de guías de

ondas en función del tipo de onda que se desee guiar, el más común es un tubo metálico conductor cuyo interior es hueco, utilizado para transportar microondas.

Es importante exponer que en uno de los extremos de la guía de onda se dispondrá la antena del magnetrón, mientras que el otro extremo consistirá en el orificio de salida del aire purificado al habitáculo. (Para asegurar la seguridad del prototipo se instalarán una serie de elementos de seguridad en las salidas de la guía de onda que posteriormente serán expuestos).

7.2.1 Sección de la guía de onda

El presente proyecto utiliza una guía de onda para microondas de sección transversal rectangular. Las dimensiones de la sección y curvatura de las guías de onda dependen de la frecuencia de la onda empleada, concretamente de $\lambda/2$. La relación entre la frecuencia y la longitud de onda se muestra en la Ecuación 2.

Ecuación 2.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Donde f: frecuencia (Hz)
 c: velocidad de la luz (m/s)
 λ : longitud de la onda (m)

7.2.2 Aproximación comportamiento campo eléctrico guía de onda vs cámara resonante

La falta de datos experimentales o estudios bibliográficos pretende suplirse mediante el estudio y comparación del comportamiento del campo eléctrico en la guía de onda. Para ello, se emplea el programa CST Studio Magnet, un software de simulación electromagnética que permite investigar las propiedades electromagnéticas de componentes o sistemas.

Así pues, se diseñan dos proyectos que deben ser simulados. En primer lugar, una cámara de resonancia que representa el microondas convencional, que puede equipararse al empleado en el estudio bibliográfico detallado en el *apartado 3.7. Estudio relativo al presente proyecto*, del presente documento. El segundo proyecto consiste en un tramo de la guía de onda, incluyendo las dimensiones de la sección diseñada.

La aplicación del campo eléctrico en los presentes proyectos, empleando una frecuencia de 2,45 GHz, permite observar las zonas de alta intensidad que se forman en ambos proyectos, para posteriormente poder establecer una relación entre ambos.

7.2.3 Longitud de la guía de onda

Para determinar la longitud de onda necesaria para alcanzar una eficacia de inactivación del 90% y emplear un caudal de 13,5 L/s (de acuerdo con los objetivos del presente proyecto, expuestos en el *apartado 1. Objetivo*), es necesario basarse en los datos bibliográficos estudiados, mostrados en *apartado 3.7. Estudio relativo al presente proyecto* y en la simulación realizada en el anterior apartado. Así pues, el primer paso consiste en caracterizar la cinética del estudio, para posteriormente, teniendo en cuenta las condiciones del presente proyecto, describir la cinética de purificador de aire diseñado y posteriormente calcular la longitud de la guía de onda necesaria. El hecho de alcanzar una eficacia de inactivación del 90% y emplear un caudal de 13,5 L/s permitiría utilizar el purificador en espacios cerrados con presencia de personas.

- **Cinética del estudio bibliográfico**

Para caracterizar la cinética del estudio bibliográfico es necesario asemejar el dispositivo experimental a un Reactor Discontinuo de Tanque Agitado (RDTA).

La Ecuación 3 corresponde al balance general de materia a un RDTA.

Ecuación 3. *Balance de materia general a un RDTA.*

$$\frac{d(c_j \cdot V)}{dt} = R_j \cdot V$$

Los pasos necesarios para la obtención de la resolución del balance definitivo del RDTA estudiado a partir del balance de materia general se muestran en Anexos, en el *apartado 3.1. Cinética del estudio bibliográfico*. Así pues, la Ecuación 4 muestra la resolución del balance definitivo del RDTA estudiado.

Ecuación 4. *Resolución del balance definitivo del RDTA estudiado.*

$$t = \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - X} \right)$$

Conociendo los datos de tiempo y eficacia de la inactivación (X) es posible determinar la constante de velocidad del estudio bibliográfico a la potencia utilizada.

- **Cinética del purificador de aire diseñado**

Por otro lado, el presente proyecto asemeja el sistema diseñado a un Reactor Continuo Tubular de Flujo de Pistón (RFP), debido a las características del diseño.

La Ecuación 5 corresponde al balance general de materia a un RFP.

Ecuación 5. *Balance de materia general a un RFP.*

$$\frac{dF_j}{dV} = R_j$$

Así pues, la Ecuación 5 muestra la resolución del balance definitivo.

Los pasos necesarios para la obtención de la resolución del balance definitivo del RFP estudiado a partir del balance de materia general se muestran en Anexos, en el apartado 3.2. *Cinética del purificador de aire diseñado.* La Ecuación 6 muestra la resolución del balance definitivo del RFP estudiado.

Ecuación 6. *Resolución del balance definitivo del RDTA estudiado.*

$$L = \frac{Q_{Vo}}{S} \cdot \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1-X} \right)$$

A partir de la Ecuación 6 es posible calcular la longitud de la guía de onda necesaria para obtener una eficacia de inactivación y caudal deseados, conociendo la constante de velocidad.

7.2.4 Material de la guía de onda

El material seleccionado para la construcción de la guía de onda debe cumplir con una serie de requisitos, expuestos a continuación. En primer lugar, debe ser un conductor eléctrico y opaco a las microondas, es decir, debe asegurar que las ondas microondas introducidas en la guía gracias a la antena del magnetrón, queden contenidas en la misma. Además, el material debe ser dúctil y maleable, que sea fácilmente deformable, pues ello permitirá la posibilidad de diseñar una geometría de guía de onda ajustada a las necesidades. Así pues, también es recomendable que se trate de un material durable.

7.2.5 Geometría de la guía de onda

Una vez conocida la longitud de onda necesaria, es necesario diseñar una geometría que optimice las dimensiones de la guía de onda, y en consecuencia el purificador de aire.

7.2.6 Régimen de circulación en la guía de onda

En primer lugar, resulta conveniente caracterizar el régimen de circulación. Para ello debe calcularse el módulo de Reynolds, a partir de la Ecuación 7.

Ecuación 7. *Módulo de Reynolds.*

$$Re = \frac{G \cdot D}{\mu}$$

Donde G: Velocidad másica (unidades S.I.)

D: Diámetro de la conducción

μ : Viscosidad cinemática

La guía de onda diseñada no presenta una geometría cilíndrica, por lo que será necesario calcular el diámetro equivalente para poder continuar con los cálculos. La Ecuación 8 muestra la expresión que permite calcular el diámetro equivalente a partir de las dimensiones de la sección de la guía de onda.

Ecuación 8. *Diámetro equivalente para conductos de sección rectangular.*

$$D_e = 4 \cdot R_H = 4 \cdot \frac{a \cdot b}{2 \cdot a + 2 \cdot b}$$

Donde a y b son las dimensiones de los lados de la guía, tal y como se observa en la Ilustración 16.

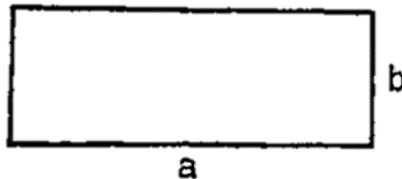


Ilustración 16. *Dimensiones para el cálculo del diámetro equivalente.*

7.2.7 Balance de energía mecánica para una circulación isoterma

Una vez caracterizado el régimen es posible realizar el balance de energía mecánica para una circulación isoterma, a partir de la Ecuación 9.

Ecuación 9. *BEM para circulación no isoterma.*

$$\frac{M}{2 \cdot Z \cdot R \cdot T} \cdot (p_1^2 - p_2^2) = 2 \cdot f \cdot G^2 \cdot \frac{L}{D} + \frac{G^2}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

Donde M : Peso molecular del aire ($\frac{g}{mol}$)
 Z : Factor de compresibilidad
 T : Temperatura (K)
 p_2 : Presión a la salida de la conducción $\frac{N}{m^2}$
 p_1 : Presión a la entrada de la conducción $\frac{N}{m^2}$
 f : Factor f
 G : Velocidad másica ($\frac{kg}{m \cdot s}$)
 L : Longitud de la conducción (m)
 D : Diámetro de la conducción (m)

Para la aplicación de la Ecuación 9 es importante tener en cuenta varios aspectos.

En primer lugar, p_2 , es decir, la presión a la salida de la conducción se supone igual a la presión atmosférica, lo que permite calcular p_1 , es decir, la presión de entrada necesaria a la conducción, que corresponde a la presión posterior al ventilador, lo que posteriormente permite calcular la potencia teórica necesaria para el ventilador instalado. Por otro lado, el factor f puede calcularse a partir del número de Reynolds y el gráfico de Moody.(adjuntado en Anexos, en el apartado 6. Tablas Empleadas).

Por último, la longitud de la conducción que debe incluirse en la Ecuación 9, debe tener en cuenta los accidentes presentes en la conducción. Para ello, se supone una longitud equivalente del doble de la longitud real.

7.3 Equipo para la impulsión de gases

Para el dispositivo diseñado se opta por la elección de un ventilador para impulsar el aire, por su capacidad de impulsar el gas continuamente (más que comprimirlo), limitándose a hacerlo circular.

Por lo que respecta a la potencia teórica, ω (J/s) para impulsar el gas (aire en este caso) se puede calcular como el producto del caudal volumétrico (m^3/s) y ΔP (N/m^2), tal y como se muestra en la Ecuación 10.

Ecuación 10. *Potencia teórica del ventilador.*

$$\omega = Q_V \cdot \Delta P$$

El valor del caudal volumétrico es 13,5 L/s. Por otro lado, ΔP es la diferencia entre la presión después del ventilador y la presión antes del mismo. Como puede deducirse, la presión antes del ventilador corresponde a la presión atmosférica, sin embargo, la presión

después del mismo debe calcularse a partir del balance de energía mecánica para una circulación isoterma expuesto en el *apartado 7.2.7. Balance de energía mecánica para una circulación isoterma.*

7.4 Caja externa de la guía de onda

Como se ha mencionado anteriormente, la caja externa actúa como segunda barrera de protección de las ondas, pues en el interior de la misma se encuentra la guía de onda. La principal función de la misma es garantizar la seguridad del prototipo.

7.4.1 Dimensiones de la caja externa de la guía de onda

Las dimensiones de la misma son función de las dimensiones finales de la guía de onda. Se tratará de que esta se ajuste lo máximo posible a las dimensiones de la guía, ya que se desea que las dimensiones del prototipo final no sean excesivamente grandes, pues este está diseñado para renovar el aire de una habitación de 50m³.

7.4.2 Material de la caja externa de la guía de onda

Del mismo modo que con el material de la guía de onda, el material seleccionado debe satisfacer una serie de condiciones. Este debe ser opaco a las microondas, por tanto, debe garantizar que en caso de que la guía presentase una fuga y las ondas se esparciesen por el interior de la caja externa, esta fuera capaz de contenerlas, asegurando la seguridad de las personas del habitáculo. Así pues, también es recomendable que se trate de un material ligero, durable y resistente a la corrosión.

7.5 Tubería que permite la conducción del aire a la guía de onda

Como se ha mencionado anteriormente, en uno de los extremos de la guía de onda se dispondrá la antena del magnetrón, mientras que el otro extremo consistirá en el orificio de salida del aire purificado al habitáculo.

Por ello, una vez diseñadas la guía de onda y la caja externa del purificador es conveniente diseñar un sistema que permita la entrada del aire del habitáculo desde la caja externa del purificador hasta la guía de onda, para que empiece su procedimiento de purificación.

Como se ha mencionado anteriormente, el ventilador para la impulsión del aire se instala en el perfil de la caja externa.

El diámetro de la tubería diseñada está determinado por las dimensiones del ventilador, mientras que la longitud de la misma se determinará mediante el ensamblaje de la guía y la caja exterior definitiva y la posterior medición del espacio que separa ambos elementos.

7.6 Rejillas instaladas en las distintas salidas del purificador

El prototipo diseñado cuenta con un orificio de entrada y uno de salida al exterior que permiten el flujo del aire del habitáculo por el interior de la guía de onda.

Sin embargo, es importante diseñar una especie de barreras de seguridad para las ondas microondas que deben instalarse en los orificios del purificador. Estos deben asegurar la contención de las ondas en el interior de la guía, además de permitir el paso del aire a través de la misma.

Los dispositivos empleados para lograrlo son láminas metálicas a las que se le realizan una serie de orificios que permiten el paso del aire.

Es importante tener en cuenta que el orificio de entrada está ocupado por el ventilador para la impulsión del aire, de modo que no será posible instalar la barrera de seguridad en dicho punto, por lo que se opta por la instalación de la lámina metálica en el punto de unión de la tubería que permite la condición del aire a la guía de onda y la propia guía de onda.

El diámetro de estos orificios mencionados debe diseñarse teniendo en cuenta la longitud de onda de las microondas, pues deben impedir el paso de las mismas a través de los orificios.

Por otro lado, el material seleccionado para la fabricación de las rejillas será el mismo que el seleccionado para la construcción de la guía de onda.

8. Resultados finales

8.1 Circuito eléctrico

8.1.1 Circuito de alta tensión

- **Magnetron**

Como se ha expuesto anteriormente el magnetron es el encargado de producir 2,45 GHz de energía microondas a partir de la alta tensión. La Ilustración 17 muestra el magnetron seleccionado.



Ilustración 17. Magnetron seleccionado.

En la Tabla 1 se exponen las características del magnetron seleccionado.

Tabla 1. Características del magnetron seleccionado.

Modelo	2M319J30
Fabricante	WITOL
Potencia típica del horno (W)	900-1000
Tensión máxima del ánodo (kV)	4,4±0,15
Potencia media de salida (W)	1050±45
Frecuencia (MHz)	2458±10
Corriente anódica media (mA)	320
Tensión del filamento (V)	3,3
Precio (€/unidad)	76,22

- **Transformador**

El transformador es el encargado de generar la alta tensión. La Ilustración 18 muestra el transformador seleccionado.



Ilustración 18. Transformador seleccionado.

En la Tabla 2 se exponen las características del transformador seleccionado.

Tabla 2. Características del transformador seleccionado.

Modelo	GAL-1000E-1G
Fabricante	GALANZ
Voltaje entrada (V)	230-240
Potencia de salida (W)	1000
Frecuencia (Hz)	50
Precio (€/unidad)	124,43

- **Condensador de alto voltaje**

El condensador es el encargado de almacenar carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente. La Ilustración 19 muestra el condensador de alto voltaje seleccionado.



Ilustración 19. Condensador de alto voltaje seleccionado.

En la Tabla 3 se exponen las características del condensador de alto voltaje seleccionado.

Tabla 3. Características técnicas del condensador de alto voltaje seleccionado.

Modelo	CH85-2100-115 (F)
Fabricante	MOTOR-CAP
Voltaje entrada (V)	2100
Frecuencia (Hz)	50/60
Capacidad (µF)	1,1
Temperatura de operación (°C)	-25~+70
Precio (€/unidad)	12,09

- **Diodo de alto voltaje**

El diodo de alto voltaje es el encargado de reducir el voltaje proveniente del condensador de alto voltaje al que se encuentra conectado. La Ilustración 20 muestra el diodo de alto voltaje seleccionado.



Ilustración 20. Diodo de alto voltaje seleccionado.

En la Tabla 4 se exponen las características del diodo de alto voltaje seleccionado.

Tabla 4. Características del diodo de alto voltaje seleccionado.

Modelo	2CL4512
Fabricante	SiPower
Tensión inversa de pico repetitivo (kV)	12
Corriente promedio hacia delante (mA)	450
Temperatura de unión (°C)	130
Precio (€/unidad)	8

- **Fusible del circuito de alta tensión**

Es el encargado de proteger el equipo de descargas de entrada, descargas eléctricas y cortocircuitos. Es importante tener en cuenta que este fusible es el que se encuentra entre el transformador y el condensador. La Ilustración 21 muestra el fusible del circuito de alta tensión seleccionado.



Ilustración 21. Fusible del circuito de alta tensión seleccionado.

La Tabla 5 expone las características del fusible del circuito de alta tensión seleccionado.

Tabla 5. Características del fusible del circuito de alta tensión seleccionado.

Modelo	5MF 700-R
Fabricante	Bel Fuse, Inc.
Tensión nominal (V)	250
Corriente nominal (mA)	700
Temperatura de funcionamiento (°C)	-55~125
Precio (€/unidad)	0,25

8.1.2 Circuito de baja tensión

- **Protector térmico**

El protector térmico es el encargado de permitir o bloquear el paso de corriente en función de la temperatura. Como se ha mencionado anteriormente el protector térmico debe conectarse al magnetrón. La Ilustración 22 muestra el protector térmico seleccionado.



Ilustración 22. Protector térmico seleccionado.

En la Tabla 6 se exponen las características del protector térmico seleccionado.

Tabla 6. Características del protector térmico seleccionado.

Modelo	KSD-120°C
Temperatura máxima permitida (°C)	120
Precio (€/unidad)	20

- **Ventilador del magnetrón**

Es el encargado de evitar el sobrecalentamiento en el interior del equipo, principalmente causado por la alta temperatura generada por el magnetrón.

Este está formado por un conjunto de motor y aspas. La Ilustración 23 muestra el motor y el juego de aspas del ventilador seleccionado.

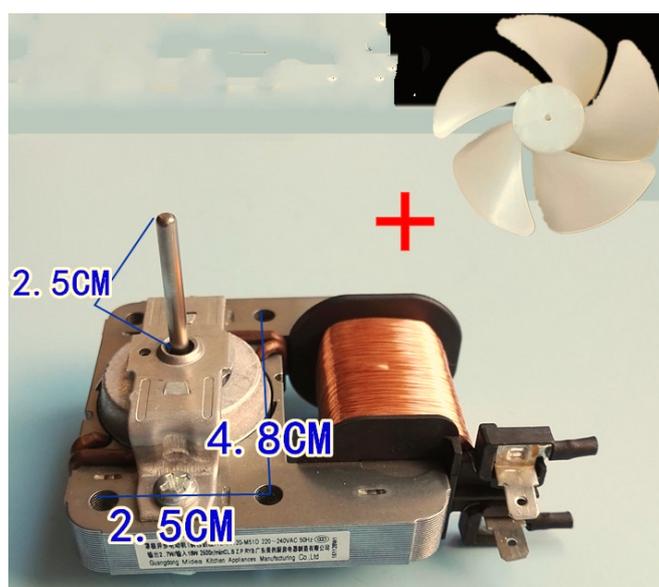


Ilustración 23. Motor y juego de aspas del ventilador seleccionado.

En la Tabla 7 se exponen las características del motor del ventilador seleccionado.

Tabla 7. Características del motor del ventilador seleccionado.

Modelo	YZ-E6120-M51D
Voltaje entrada (V)	220-240
Frecuencia (Hz)	50
Potencia (W)	18
Número de polos enchufables	2
Precio (€/unidad)	34,89

- **Fusible del circuito de baja tensión**

Es importante tener en cuenta que este fusible es el que se encuentra al inicio del circuito eléctrico, a la entrada de la tensión domiciliar de línea (230V). La Ilustración 24 muestra el fusible del circuito de baja tensión seleccionado.



Ilustración 24. Fusible del circuito de baja tensión seleccionado.

La Tabla 8 expone las características del fusible del circuito de baja tensión seleccionado.

Tabla 8. Características del fusible del circuito de baja tensión seleccionado.

Modelo	MP000861
Fabricante	MULTICOMP PRO
Voltaje de entrada (V)	250
Corriente (A)	15
Temperatura de funcionamiento (°C)	-55 ~125
Material del cuerpo del fusible	Cerámica
Precio (€/unidad)	0,45

- **Cable de alimentación**

Es el encargado de conectar el microondas a la red de suministro. La Ilustración 25 muestra el cable de alimentación seleccionado.



Ilustración 25. Cable de alimentación seleccionado.

La Tabla 9 expone las características del cable de alimentación seleccionado.

Tabla 9. Características del cable de alimentación seleccionado.

Modelo	X-285663A
Fabricante	VOLEX
Tensión nominal (V)	250
Corriente nominal (A)	16
Conector tipo A	Red Eléctrica EURO
Conector tipo B	Extremo libre
Precio (€/unidad)	6,26

- **Interruptor**

El interruptor es el encargado de abrir o cerrar el circuito eléctrico de forma manual. La Ilustración 26 muestra el interruptor seleccionado.



Ilustración 26. Interruptor seleccionado.

La Tabla 10 expone las características del cable de alimentación seleccionado.

Tabla 10. Características del interruptor seleccionado.

Modelo	5500 Lit Rocker Switches
Fabricante	ARCOLECTRIC
Tensión de contacto (V)	250
Tensión nominal de contacto (V)	28
Corriente de contacto (A)	16
Precio (€/unidad)	3,74

Así pues, la Ilustración 27 muestra el diagrama del circuito eléctrico diseñado para el presente proyecto, en el que pueden distinguirse claramente el circuito de baja y alta tensión.

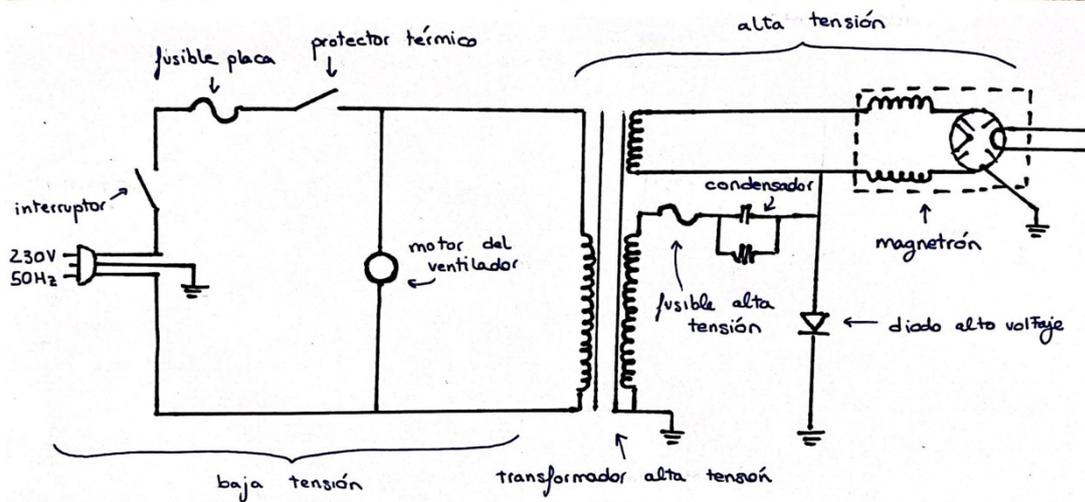


Ilustración 27. Diagrama del circuito eléctrico diseñado.

8.1.3 Caja que alberga los componentes eléctricos

Como se ha comentado anteriormente, el material de esta debe coincidir con el material de la caja externa de la guía de onda, cuya elección se justifica en el oportuno apartado. Por otro lado, las dimensiones de la presente caja se escogen en función de las dimensiones de los componentes eléctricos y las dimensiones de la caja que contiene la guía de onda, por lo que la decisión de las mismas se realiza posteriormente del diseño de la caja externa de la guía de onda, a pesar de que en el presente documento se expongan antes. Así pues, estas son las siguientes.

- Alto de la caja: 250 mm
- Ancho de la caja: 2050 mm
- Profundidad de la caja: 500 mm

El plano de la caja que alberga los componentes eléctricos definitiva se muestra en el Plano 3, en el documento Planos.

8.2 Guía de onda

8.2.1 Sección de la guía de onda

Para la obtención de las dimensiones de la guía de onda, se ha obtenido una media de los factores que se aplican a las guías de onda de frecuencia superior comerciales, y este se ha aplicado a la frecuencia de 2,45GHz, pues el presente proyecto se desarrolla trabajando con ondas microondas. Así pues, a partir de la Ecuación 2, se obtiene la longitud de onda correspondiente y en consecuencia, se conoce que $\lambda/2=6,123$ cm.

A partir del estudio de las guías de onda comerciales, se ha deducido que para el ancho de la sección de la guía se aplica un factor de 1,3505, para el alto de la sección de la guía un factor de 0,6085 y respecto a la curvatura que las guías pueden soportar y seguir transmitiendo las onda se ha obtenido un factor de 2,42. Los datos necesarios y los cálculos realizados para la obtención de estos factores se incluyen en el documento Anexos, en el apartado 2. *Cálculo de las dimensiones de la sección y curvatura de la guía de onda.*

Así pues, aplicando los tres factores al valor $\lambda/2=6,123$ cm, se obtiene que la guía de onda deseada tiene una sección transversal de 8,3 cm de ancho y 3,7 cm de alto tal y como se muestra en la Ilustración 28. Además, se permite realizar una curvatura de radio 14,82 cm, tal y como se muestra en la Ilustración 29.

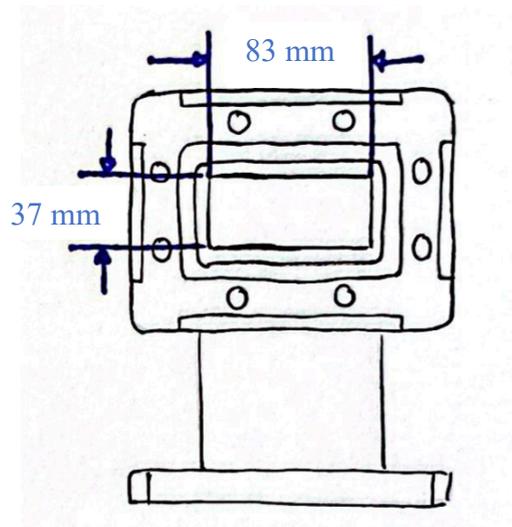


Ilustración 28. Dimensiones de la sección de la guía de onda diseñada.

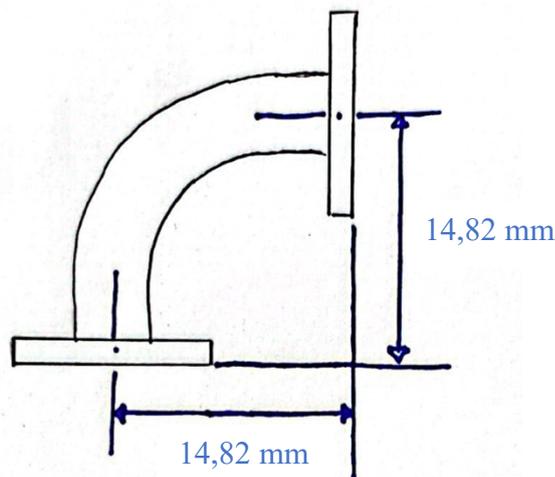


Ilustración 29. Curvatura permitida de la guía de onda diseñada.

8.2.2 Resultados simulación campo eléctrico en guía de onda vs cámara resonante

El objetivo del presente apartado es poder comparar las zonas de alta intensidad alcanzadas en un microondas convencional y en la guía de onda diseñada. La falta de datos experimentales dificulta llevar a cabo el diseño del presente proyecto, por lo que la comparación de las zonas de alta intensidad observadas y los datos del estudio bibliográfico expuestos en el *apartado 3.7. Estudio relativo al presente proyecto*, son la alternativa empleada para el diseño.

Así pues, en primer lugar, deben insertarse en el software CST Studio Suite los componentes en los que se estudiarán las zonas de alta intensidad.

Las Ilustraciones 30 y 31 muestran la cámara resonante diseñada (con las dimensiones de un microondas convencional de 20 L) y un tramo de la guía de onda (empleando la sección obtenida en el anterior subapartado).

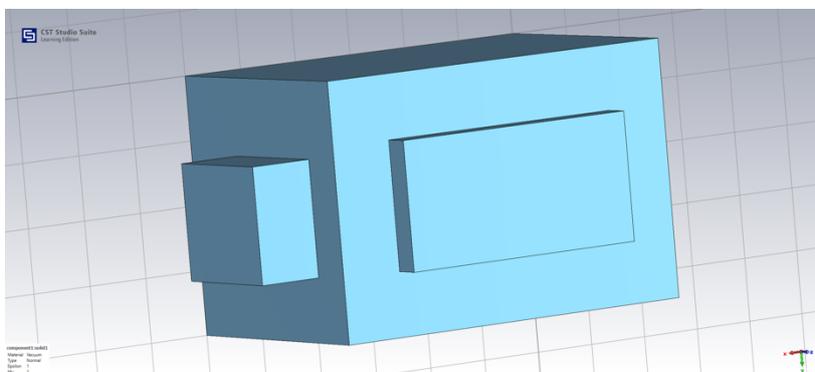


Ilustración 30. Cámara resonante.

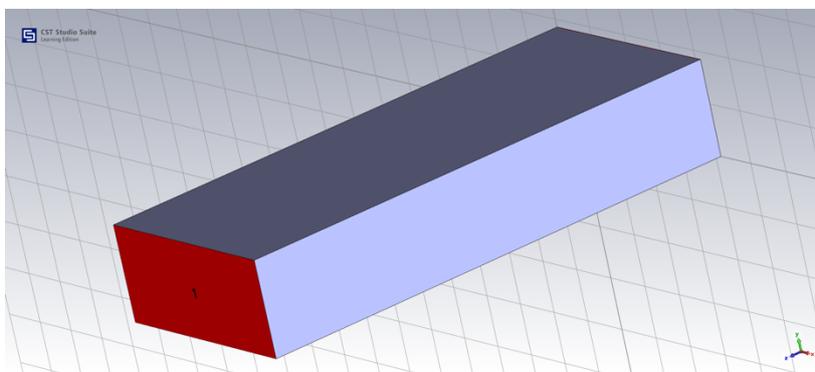


Ilustración 31. Tramo de la guía de onda.

El siguiente paso consiste en observar el comportamiento del campo eléctrico en el interior de los mismos. Para ello, se establece una frecuencia de 2,45 GHz, pues es esta la que se emplea en ambos proyectos (microondas casero y purificador de aire diseñado).

Así pues, las Ilustraciones 32 y 33, muestran el comportamiento obtenido.

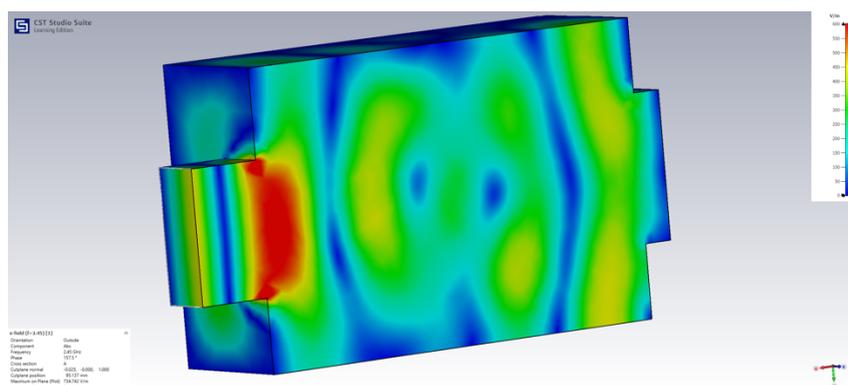


Ilustración 32. Comportamiento del campo eléctrico en la cámara resonante.

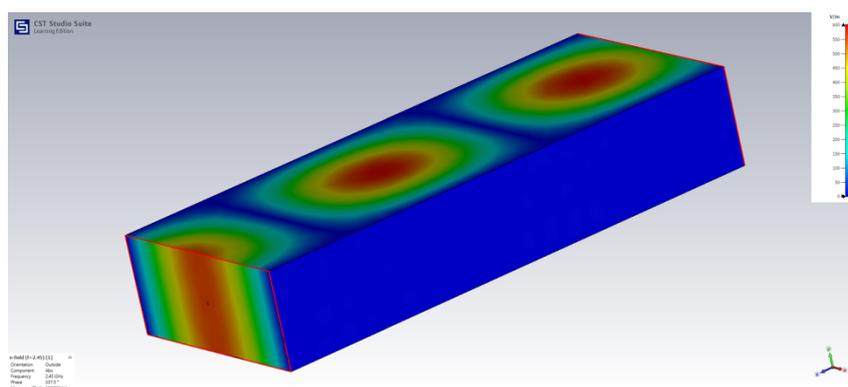


Ilustración 33. Comportamiento del campo magnético en la guía de onda.

Las zonas de alta intensidad mostradas en la Ilustración 33 se explican a partir de lo expuesto en el apartado 3.6 Transmisión de la onda por la guía y formación de zonas de alta y baja intensidad. Así pues, la obtención de un mayor número de zonas de alta intensidad en la guía de onda que en la cámara resonante están causadas por el rebote de la microonda en las paredes de la guía, lo que da lugar en la guía de onda a interferencias constructivas (zonas en color rojo) e interferencias destructivas (zonas en azul). Esto justifica las ventajas de la utilización de la guía de onda frente al estudio bibliográfico consultado, y, en consecuencia, ayuda para el posterior diseño de la guía.

8.2.3 Longitud de la guía de onda

Para la obtención de la longitud de la guía de onda definitiva, debe caracterizarse en primer lugar la cinética del estudio bibliográfico seleccionado.

- **Cinética del estudio bibliográfico**

Teniendo en cuenta que el estudio bibliográfico se llevó a cabo con un tiempo de residencia de 2 minutos, para el que se alcanzó una eficacia de inactivación del 90%, a partir de la Ecuación 4 es posible obtener la constante de velocidad que caracteriza el estudio.

$$t = \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - X} \right)$$

$$2 \text{ min} = \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - 0,9} \right)$$

$$K = 1,15 \frac{1}{\text{min}}$$

A partir de la bibliografía consultada y de la relación obtenida gracias a la simulación del campo eléctrico y la comparación de las zonas de alta intensidad obtenidas en la cámara resonante y en la guía de onda diseñada, se supone que la constante de velocidad del presente proyecto tiene un valor de $100,3 \text{ min}^{-1}$. Una vez obtenida la nueva constante de velocidad es posible determinar la longitud necesaria de la guía de onda, como se expone a continuación.

- **Cinética del purificador de aire diseñado**

La Ecuación 6 permite obtener la longitud de onda necesaria para los datos de diseño seleccionados. Estos datos son:

$$Q_{Vo} = 13,5 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0,81 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$S = 30,71 \text{ cm}^2 = 30,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$K = 100,3 \text{ min}^{-1}$$

$$X = 0,9$$

El cálculo de la longitud obtenida se muestra a continuación.

$$L = \frac{Q_{Vo}}{S} \cdot \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - X} \right)$$

$$L = \frac{0,81}{30,71 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1}{100,3} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - 0,9} \right)$$

$$L = 6,06 \text{ m}$$

Con ello se concluye que la longitud de la guía de onda necesaria para obtener una eficacia de inactivación del 90% y tratar un caudal de aire de $13,5 \frac{\text{L}}{\text{s}}$ son 6,06 metros.

8.2.4 Material de la guía de onda

Atendiendo a los requisitos expuestos para el material de la guía de onda, se concluye que el material seleccionado es el cobre, por su excelente capacidad para deformarse y por ser un excelente conductor eléctrico. Así pues, la guía de onda se construirá a partir de chapas laminadas de cobre de alta calidad, de un espesor de 2 mm, que serán moldeadas para lograr la geometría deseada.

8.2.5 Geometría de la guía de onda

Una vez conocida la longitud necesaria para tratar un caudal de 13,5 L/s y la curvatura permitida para una guía de onda de frecuencia 2,45 GHz (estudio expuesto en el *apartado 3.7* del documento de la Memoria y del *apartado 2.3* del documento de Anexos), es posible definir la geometría y las dimensiones de la guía de onda.

El objetivo es que el perfil de la guía de onda siga una geometría de onda pura (respetando las curvaturas máximas permitidas), para tratar de optimizar al máximo las dimensiones de la onda, y en consecuencia del purificador.

El plano de la guía de onda obtenida a partir de las restricciones anteriormente expuestas se muestra en el Plano 1, en el documento Planos.

Como punto adicional, resulta interesante calcular el peso de la guía de onda, pues no debe obviarse que este no debe ser excesivo, para facilitar el transporte y manejo del prototipo final. La obtención del peso se ha llevado a cabo a partir del programa SOLIDWORKS, así como el volumen de chapa empleada para la guía de onda definitiva. Así pues, el peso de la guía de onda es de 26,687 kg, mientras que el volumen de cobre empleado es de 0,003m³.

8.2.6 Régimen de circulación en la guía de onda

A partir de la Ecuación 7 se ha podido obtener el módulo de Reynolds.

$$Re = \frac{G \cdot D}{\mu} = 21726,32$$

Así pues, dado que el valor del módulo de Reynolds es superior a 10000 puede considerarse que el presente proyecto trata un flujo de circulación en régimen turbulento.

8.2.7 Balance de energía mecánica para una circulación isoterma

El siguiente paso consiste en realizar el balance de energía mecánica, lo que permitirá obtener la presión de entrada necesaria a la conducción, que es equivalente a la presión de salida del ventilador, lo que permite conocer la potencia teórica del ventilador. Así pues, a partir de la Ecuación 9 se obtiene la presión de entrada.

$$\frac{M}{2 \cdot Z \cdot R \cdot T} \cdot (p_1^2 - p_2^2) = 2 \cdot f \cdot G^2 \cdot \frac{L}{D} + \frac{G^2}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

Todos los cálculos intermedios necesarios para la obtención de los parámetros expuestos se encuentran en el documento Anexos, en el apartado 3.4. *Balance de energía mecánica para una circulación isoterma.*

$$p_1 = 101379,41 \frac{N}{m^2} \approx 101380 \frac{N}{m^2}$$

8.3 Equipo para la impulsión de gases

Como se ha mencionado anteriormente, la presión de entrada necesaria a la conducción es equivalente a la presión de salida del ventilador empleado para la impulsión del aire. Una vez conocida dicha presión puede calcularse la potencia teórica del ventilador, a partir de la Ecuación 10.

$$\omega = Q_V \cdot \Delta P = 0,7425 \frac{J}{s} \approx 0,75 W$$

La Ilustración 34 muestra el ventilador para la impulsión de aire seleccionado.



Ilustración 34. Ventilador para la impulsión de aire.

La Tabla 11 expone las características del ventilador para la impulsión de aire seleccionado.

Tabla 11. Características del ventilador para la impulsión de aire seleccionado.

Modelo	EF92251S3-1000U-A99
Fabricante	SUNON
Tensión de Alimentación (V)	12
Consumo de energía (W)	0,96
Flujo de aire (L/s)	18,6
Peso (g)	92
Precio (€/unidad)	5,4

Tras realizar la correspondiente búsqueda de ventiladores que cumpliesen con los requisitos, se ha optado por el anteriormente expuesto, ya que a pesar de que tanto la potencia como el flujo de aire del ventilador (0,96 W y 18,6 L/s respectivamente) y el caudal fijado (0,75W y 13,5 L/s) son ligeramente superiores a la potencia calculada, la similitud de los valores justifica la elección del mismo.

8.4 Caja externa de la guía de onda

8.4.1 Dimensiones de la caja externa de la guía de onda

Para definir las dimensiones de la caja externa, debe partirse de las dimensiones definitivas de la guía de onda diseñada, las cuales pueden observarse en el Plano 1 del documento Planos y también se recogen a continuación.

- Alto de la guía: 753,9 mm
- Ancho de la guía: 1853 mm
- Profundidad de la guía: 87mm

A estas, se les debe añadir cierto holgura por cada una de las dimensiones. Así pues, con el objetivo de redondear también las unidades de la caja externa para facilitar el proceso de fabricación de la caja, las medidas definitivas externas de la misma se exponen a continuación.

- Alto de la caja: 780 mm
- Ancho de la caja: 2000 mm
- Profundidad de la caja: 150 mm

Estas son las medidas externas definitivas, por lo que engloban el espesor de las láminas que forman la caja, que será posteriormente definido.

El margen aplicado a la profundidad de la caja ha sido mayor que el resto, ya que el ventilador para la impulsión del aire debe instalarse en la profundidad de la caja y se desea disponer de suficiente superficie para trabajar.

El plano de la caja externa del purificador puede observarse en el documento Planos, concretamente en el Plano 2.

8.4.2 Material de la caja externa de la guía de onda

Teniendo en cuenta las condiciones requeridas para el material de la guía de onda, finalmente se opta por el aluminio, por ser opaco a las microondas, ligero, durable, resistente a la corrosión y accesible. Así pues, la caja externa del purificador se construirá a partir de chapas laminadas de aluminio, de un espesor de 3 mm. La elección de esta medida se justifica en la búsqueda de estabilidad del prototipo, además, debido a la baja densidad de aluminio, el peso total de la caja externa será reducido, concretamente 31,623 kg, lo que no supone un peso excesivo para el transporte del purificador.

La obtención del peso se ha llevado a cabo a partir del programa SOLIDWORKS, así como el volumen de chapa empleada para la guía de onda definitiva.

Por lo que respecta al volumen de chapa de aluminio es de 0,0117 m³.

8.5 Tubería que permite la conducción del aire a la guía de onda

Como se ha comentado anteriormente, esta tubería conecta el ventilador de impulsión del aire y la guía de onda. Las dimensiones de la misma se determinan en función de los espacios que queden en el montaje final.

La tubería definitiva puede observarse en el documento Planos, concretamente en el plano 4 del documento Planos.

8.6 Rejillas instaladas en las distintas salidas del purificador

Finalmente, es importante diseñar una especie de barreras de seguridad para las ondas microondas que aseguren la contención de las ondas en el interior de la guía, y el paso del aire a través de la misma. Los dispositivos empleados para lograrlo son láminas metálicas a las que se le realizan una serie de orificios que permitan el paso del aire.

El diámetro de estos orificios mencionados debe diseñarse teniendo en cuenta que la longitud de onda de microondas, pues deben impedir el paso de las ondas a través de los mismos.

Como se ha mencionado anteriormente, las rejillas se instalan en el diámetro de los orificios será de 1 mm, lo que supone que la longitud de onda (120mm) es aproximadamente 120 veces el tamaño de los agujeros, lo que asegura la contención de las ondas en el interior de la guía.

El material seleccionado es el cobre (como en la guía de onda) por las características anteriormente mencionadas. Además, serán chapas laminadas de cobre de alta calidad, de un espesor de 2 mm, a las que posteriormente se le realizarán los orificios.

Las rejillas definitivas diseñadas pueden observarse en el documento Planos, concretamente en los Planos 5 y 6.

9. Planificación

Con el objetivo de realizar el proyecto adecuadamente y en los plazos de tiempo establecidos se requiere de una planificación de los pasos y tareas que deben llevarse a cabo, especificando los plazos de tiempo de cada una de las mismas. Así pues, una herramienta que permite la planificación, programación y organización de un proyecto a lo largo de un determinado periodo de tiempo es el Diagrama de Gantt.

La Tabla 12 muestra la duración y planificación de cada una de las tareas que deben llevarse a cabo.

Tabla 12. Planificación detallada de las actividades.

Actividad	Duración (días)	Inicio	Fin
Búsqueda de ideas para el proyecto	5	14/03	18/03
Búsqueda de información para el desarrollo del proyecto	6	21/03	28/03
Aprobación del proyecto	4	29/03	1/04
Diseño SolidWorks del proyecto	26	04/04	09/05
Redacción de los documentos del proyecto	56	04/04	20/06
Revisión de los documentos del proyecto	4	21/06	24/06

A partir de la Ilustración 35 puede observarse el Diagrama de Gantt del proyecto.

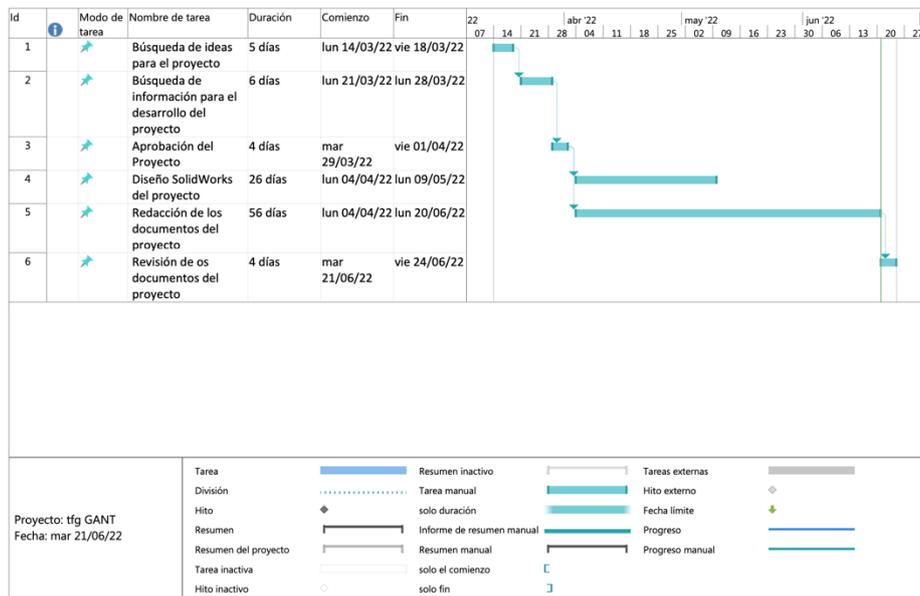


Ilustración 35. Diagrama de Gantt del proceso.

La Ilustración 36 permite observar de manera directa y sencilla lo expuesto a partir del Diagrama de Gantt.

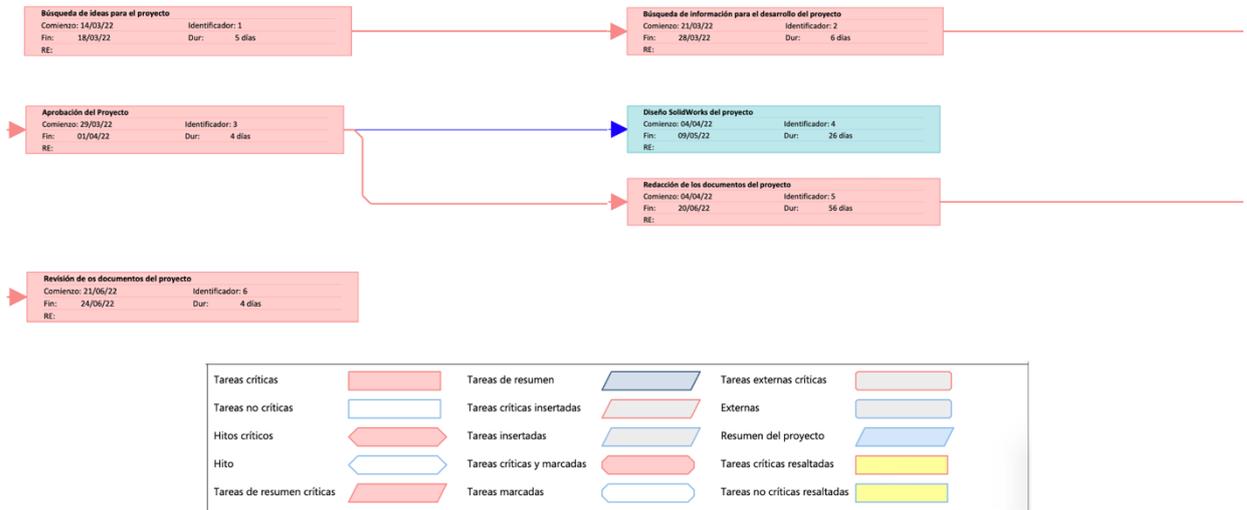


Ilustración 36. Descripción general de la planificación del proyecto.

De la planificación expuesta puede deducirse que la duración aproximada total del proyecto es de 101 días.

Es importante contemplar que los plazos se establecen de manera aproximada, pues se contempla la posibilidad de presentar retrasos ajenos, como la recepción de piezas o la puesta en marcha y pruebas.

10. Orden de prioridad entre los documentos básicos

Como se establece en la norma española UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, se requiere el siguiente orden de prioridad entre los documentos básicos.

1. Memoria
2. Anexos
3. Planos
4. Pliego de condiciones
5. Estado de mediciones
6. Presupuesto

11. Estudio de viabilidad económica

El estudio de viabilidad económica se centra en evaluar los factores económicos de un proyecto para determinar su rentabilidad financiera. En el *apartado 4. Estudio de viabilidad económica del* documento Anexos, se detallan los cálculos necesarios para la obtención del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno (TIR) y el Periodo de Retorno (PR).

A partir del presente estudio de viabilidad, es posible conocer los recursos económicos imprescindibles que influyen en la toma de decisiones final, el coste total del proyecto y la evaluación económica final.

11.1 Resumen del presupuesto de inversión

El presente apartado trata de mostrar los resultados calculados y detallados en el documento 7. Presupuesto, pues estos deben incluirse también en el presente apartado.

La Tabla 13 muestra el valor del PEM total calculado a partir de la suma de los presupuestos de las partidas individuales.

Tabla 13. *Presupuesto de Ejecución Material total.*

Elementos	Coste (€)
Componentes circuito eléctrico	286,33
Elementos con láminas de cobre y aluminio	372,397
Componentes comerciales	15,6
Mano de obra	101,15
Licencias	252,24
TOTAL PEM	1027,72

Una vez obtenido el valor del PEM total, es posible calcular el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata, PEC. Para la obtención del mismo se incluyen el PEM, los gastos generales y cargas fiscales (20% del PEM) y el beneficio industrial (6% del PEM).

La Tabla 14 muestra el valor del PEC obtenido.

Tabla 14. *Presupuesto de Ejecución por Contrata.*

Elementos	Coste total (€)
PEM	1027,72
Gastos generales y cargas fiscales (20%)	205,54
Beneficio Industrial (6%)	61,66
TOTAL PEC	1294,93

Conocido el valor del PEC, es posible calcular el valor del presupuesto total, por lo que se agrega al valor del PEC el IVA (21% del PEC) y el proyecto y dirección de la obra (7% del PEC).

La Tabla 15 muestra el presupuesto total, y por tanto la inversión inicial necesaria.

Tabla 15. *Presupuesto total.*

Elementos	Coste total (€)
PEC	1294,93
IVA (21%)	271,94
Proyecto y dirección de la obra (7%)	90,65
PRESUPUESTO TOTAL	1657,51

Así pues, puede concluirse que el presupuesto total inicial del proyecto “Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire” asciende a **MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS**.

11.2 Presupuesto de explotación

Para poder conocer el presupuesto de explotación deben calcularse los ingresos y los gastos (tanto directos como indirectos) derivados del presente proyecto. Para desarrollar los cálculos correctamente, se procede a detallar la previsión durante un periodo de 8 años. Durante este periodo de tiempo, debe aplicarse la Ecuación 11:

Ecuación 11.

$$Valor_n = Valor_o \cdot (1 + IPC)^{n-1}$$

Donde: IPC: Índice de precios al consumo

Por otro lado, es conveniente fijar los siguientes indicadores para llevar a cabo los cálculos pertinentes en el presupuesto.

- Índice de Precios al Consumo (IPC) = 1,7%
- Interés nominal (In) = 1,75%
- Interés real (Ir) = Interés nominal – IPC = 1,75% - 1,7% = 0,05%

11.2.1 Inversión inicial

La inversión inicial que debe realizarse es de **1657,51€**, pues este es el coste de desarrollar, diseñar y fabricar el prototipo inicial. Este prototipo se utiliza como ejemplar para comprobar su correcto funcionamiento.

Además, es conveniente exponer que no es necesaria ningún tipo de inversión adicional, pues se dispone de la maquinaria necesaria para el montaje del prototipo.

Tras los cálculos pertinentes, se obtiene los siguientes parámetros para el presente proyecto:

Tabla 16. *Factores económicos del proyecto.*

VAN	7726,46 €
TIR	66,9 %
PR	1 año y 3 meses

El valor positivo del VAN (Valor Actual Neto) demuestra que la inversión realizada en el proyecto produce excedentes. Por lo que respecta al TIR (Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno), presenta un valor mayor al interés nominal del dinero en el mercado de capitales. Por último, respecto al PR (Periodo de Retorno) es menor al tiempo de vida durante el que se comercializará la máquina.

Con ello se concluye, que el presente proyecto es un proyecto económicamente rentable. Como se ha mencionado anteriormente, los cálculos necesarios para la obtención de los 3 parámetros (VAN, TIR y PR) se detallan en el *apartado 4.* del documento Anexos del presente proyecto.

12. Conclusiones

Tras el desarrollo del proyecto, se ha conseguido diseñar un higienizador de aire basado en microondas que cumple con los requisitos requeridos.

Para la obtención del prototipo final, se han estudiado diversas alternativas, decantándose por aquellas que se adaptan mejor a la máquina y a los requisitos. Además, también se han llevado a cabo los cálculos correspondientes para asegurar el correcto funcionamiento del prototipo. Por último, se ha llevado a cabo un estudio económico que asegura la viabilidad y rentabilidad del desarrollo del proyecto.

3. ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

1.	<i>Aplicación del Aprendizaje Servicio</i>	6
1.1	Entrevistas que justifican la aplicación del APS	7
1.1.1	Entrevista al Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón.....	7
1.1.2	Entrevista a la Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunitat Valenciana (FISABIO).....	10
1.1.3	Entrevista al Servicio de Prevención de la Universitat Jaume I	13
1.2	Reflexión	16
2.	<i>Cálculo de las dimensiones de la sección y curvatura de la guía de onda</i>	18
2.1	Ancho de la sección de la guía de onda	19
2.2	Alto de la sección de la guía de onda	20
2.3	Curvatura permitida de la guía de onda	20
3.	<i>Longitud de la guía de onda</i>	23
3.1	Cinética del estudio bibliográfico	23
3.2	Cinética del purificador de aire diseñado	23
3.3	Régimen de circulación	24
3.4	Balance de energía mecánica para una circulación isoterma	25
4.	<i>Estudio de viabilidad económica</i>	29
4.1	Presupuesto de inversión	29
4.2	Presupuesto de explotación	29
4.2.1	Ingresos	29
4.2.2	Gastos.....	29
4.2.3	Amortización.....	30
4.2.4	Beneficio bruto.....	30
4.2.5	Beneficio neto	30
4.2.6	Flujo de caja	30
4.2.7	Valor Actual Neto	31
4.2.8	Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno.....	31
4.2.9	Periodo de Retorno.....	31
5.	<i>Catálogos comerciales y datasheet</i>	33
5.1	Magnetron	33
5.2	Transformador	34
5.3	Diodo de alto voltaje	35
5.4	Fusible del circuito de alta tensión	36
5.5	Fusible del circuito de baja tensión	37
5.6	Cable de alimentación	38
5.7	Interruptor	39
5.8	Condensador de alto voltaje	40

5.9	Ventilador para la impulsión del aire por la conducción	41
6.	<i>Tablas empleadas</i>	43
6.1	Tabla de las propiedades del aire a 1 atm de presión	43
6.2	Gráfico de Moody	44
6.3	Valores típicos de Coeficientes de Rugosidad	45

1. Aplicación del Aprendizaje Servicio

El APS (Aprendizaje Servicio) es una metodología y propuesta educativa que combina los procesos de aprendizaje y servicio a la comunidad en un único proyecto, lo que permite aumentar la comprensión de los contenidos específicos a la vez que se potencian competencias transversales, como la responsabilidad profesional y ética, el liderazgo la comunicación o la planificación.

Debido a las numerosas ventajas que presenta el Aprendizaje Servicio, el interés por incorporar dicha metodología en los grados universitarios es cada vez mayor. Así pues, el presente trabajo fin de grado (TFG) se concibe como una oportunidad para aplicar dicha metodología.

El APS está formado por los siguientes 4 aspectos básicos; servicio, conocimiento, colaboración y análisis. El peso otorgado a cada uno de ellos depende fundamentalmente de las características y naturaleza del proyecto, en este caso, un TFG del grado de Ingeniería Química.

La **necesidad social** surge a partir de la pandemia de COVID-19. Como se ha expuesto en el *apartado 1. Objetivo* del documento de la Memoria, la exposición biológica y la transmisión del virus a través de aerosoles se ha convertido en una de las principales preocupaciones a nivel mundial, especialmente en espacios cerrados con presencia de personas, por ejemplo, quirófanos, aulas, locales comerciales o restauración. La tecnología existente que puede aplicarse en dichos contextos es la filtración con tecnología HEPA (con los residuos que esta conlleva), ya que los métodos de higienización que generan iones quedan descartados por resultar perjudiciales para las personas (UV, ozono...).

Así pues, el presente proyecto trata de dar respuesta a dicha problemática desde el área de la **Ingeniería Química**, desarrollando un sistema de higienización basado en las microondas (radiación no ionizante).

Para el desarrollo del proyecto ha sido necesaria la **colaboración** con expertos en áreas complementarias, como la medicina, la microbiología o la prevención. Además, se ha involucrado a distintos colectivos a partir de entrevistas que justifican la problemática social que se trata de resolver, como la Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunitat Valenciana (FISABIO), el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón y el Servicio de Prevención y Gestión Medioambiental de la Universitat Jaume I.

Por último, debe **analizarse** el nivel de interacción de los participantes en el proyecto y evaluarse la relación entre los conocimientos aprendidos a lo largo del proceso y su relación con el servicio abordado. Además, debe realizarse una reflexión sobre las implicaciones sociales derivadas del proyecto, así como las vías existentes para divulgar los beneficios a la población más expuesta o con menos recursos.

1.1 Entrevistas que justifican la aplicación del APS

Como se ha expuesto anteriormente, para justificar la necesidad social a la que este proyecto trata de contribuir, se han realizado 3 entrevistas a distintos colectivos. Estas se exponen a continuación.

1.1.1 Entrevista al Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón

La primera de las entrevistas se realiza a Ángel Miguel Pitarch Roig, presidente del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón (COAAT). A continuación, se expone la entrevista.

- *¿Podría explicarnos por favor las funciones de COAAT? ¿Cuánto tiempo lleva formando parte de COAAT?*

Por supuesto. Pueden destacarse 3 funciones principales: el visado de proyectos, la formación continua, ya que continuamente la normativa cambia y tenemos que estar aprendiendo y al día, y por último, defender los intereses del colectivo, respecto del Gobierno, de la normativa y de otras profesiones. Además, agrupa a todos los arquitectos en este caso de Castellón.

Desde cuando formo parte, yo me colegié en el año 1997 y he estado 6 años como secretario y llevo 4 y medio como presidente. Las funciones tanto del secretario como del presidente es representar al colegio y tratar de dirigirlo.

- *¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la asociación?*

En cuanto a fortalezas, destacaría la capacidad de adaptación. La estructura del colegio y el hecho de que la formación de arquitecto técnico sea una formación muy generalista nos permite y ayuda a adaptarnos a los cambios que la sociedad solicita, ya que la

normativa, tanto en cantidad como en exigencias es algo que va cambiando cada vez con mayor velocidad.

Respecto a debilidades, existe un sector de la sociedad más liberal, referido a la libertad de hacer lo que quiera y ser responsable de los hechos, para los que los colegios profesionales pierden su sentido. La cada vez mayor normativa que apoya este camino, de alguna manera va descafeinando los servicios profesionales, pues provoca que exista más libertad de los profesionales, más competencia, y esa competencia se convierta también de precios, lo que supone una bajada de precios y una pérdida de calidad del trabajo.

- *¿De dónde se obtienen los fondos necesarios para llevar a cabo los proyectos?*

Hay muchas posibilidades. En primer lugar, respecto a edificios de obra nueva, el caso más sencillo, la persona que desea construirse una vivienda o con el dinero contrata directamente al arquitecto técnico, al constructor... o va al banco y pide un préstamo. Si en lugar de ser una vivienda unifamiliar, es una promoción de un edificio de viviendas, lo normal es que el promotor, que es una persona que profesionalmente se dedica a construir y vender edificios, diseñe la operación y vaya al banco a pedir un préstamo. También existe la posibilidad de que, en lugar de un promotor, se encargue un grupo de propietarios que cree una cooperativa, pero que conlleva complicaciones de gestión importantes. Existe también lo mismo, pero con promociones públicas, en las que pone los fondos la administración y vende las viviendas a precios económicos para gente con menos recursos.

Por otro lado, ahora lo que estamos haciendo son también muchos trabajos de rehabilitación. En esos casos podría aplicarse lo mismo que para los edificios de obra nueva. Además, ahora hay muchas ayudas económicas, algunas de ellas pueden encontrarse en la página web CaLab. Cada una tiene una función diferente.

- *¿Cómo son las necesidades de higienización de espacios cerrados? ¿Qué niveles de exigencia existen?*

En el ámbito de viviendas, el Código Técnico de la Edificación (CTE) es el documento que regula esos aspectos. Dentro del mismo, en el documento de salubridad, hay 6 exigencias diferentes; protección frente a la humedad, recogida y evacuación de residuos, calidad del aire interior, que está directamente relacionado con la ventilación, suministro de agua, evacuación de agua y protección frente a la exposición del radón. Los niveles de

exigencia varían en función de si son locales secos o húmedos y cada uno tiene un caudal en litros por segundos. Después también incluye condiciones de diseño, que indican que siempre debe haber una circulación de aire de los locales secos a los húmedos. Todos estos datos quedan recogidos en el CTE.

Si es para otro tipo de espacios si hay un reglamento de instalaciones térmicas que también regula la ventilación, el RITE.

- *¿Cómo considera que ha afectado la pandemia a las necesidades de higienización de espacios cerrados?*

En la normativa no ha afectado, en la sensibilidad de la gente yo creo que sí, pues ahora le damos más importancia a la ventilación. Abierto, iluminado y con vistas serían las 3 cuestiones con las que ahora hay una especial sensibilidad a la hora de diseñar edificios. Hay dos formas de ventilar, una es abriendo una ventana y la otra mediante sistemas de ventilación, por ejemplo, aireadores o rejillas en la pared o conductos. El problema de ventilar mediante la apertura de ventanas es que cuando entra aire puede entrar aire frío. Por ejemplo, en los edificios se puede buscar la ventilación cruzada, ya que presenta mejoras tanto en temas higiénicos como en temas de climatización o recurrir a sistemas de ventilación con intercambiadores de calor.

- *¿Se le ocurre alguna necesidad a nivel de higienización de espacios cerrados que no esté cubierta o alguna mejora que pudiese implementarse?*

Algo nuevo es difícil, pero por ejemplo la combinación de los sistemas de ventilación que he mencionado anteriormente con sistemas de fachadas ventiladas o por ejemplo los llamados muros trombe, que sirve para calentar un muro que es como un invernadero, al que se le pone un cristal y se pinta el muro de negro, de modo que se calienta más y ese aire caliente puedes introducirlo dentro del edificio. Otro tema que también se podía desarrollar más, aunque ya existe, son filtros de aire para limpiar el aire sin necesidad de renovarlo.

Otro aspecto interesante de la ventilación en algunos casos es el control de la humedad. Edificios nuevos o edificios ya rehabilitados normalmente cumplen con esta parte del código técnico y este problema en teoría no existe, pero en edificios más viejos sí que suele existir. Entonces la forma de reducir esa humedad es o mediante ventilación constante del espacio o mediante deshumidificadores. Algún sistema de ventilación que al mismo tiempo tenga esta función sería interesante.

- *¿Es verdad que el COVID supone un riesgo adicional en cuanto a la calidad del aire, es decir, el COVID ha abierto nuevas preocupaciones a nivel técnico?*

Yo entiendo que respecto a normativa ya era algo que se contemplaba. De hecho, con la gripe española, a principios del siglo XX más o menos, hubo movimiento arquitectónico que cambió un poco la forma de construir y en ese momento comenzaron a hacerse ya edificios con mayor ventilación, con más ventanas o más iluminación por condiciones higiénicas.

- *¿Existe algún método a nivel de higienización del aire del interior de espacios cerrados que proteja a las personas frente a la transmisión del virus?*

Creo que existen algún unos filtros que sí que hacen algo, pero no conozco si acaba de estar comprobada la eficiencia, por ejemplo, los filtros HEPA.

- *Estamos interesados en diseñar una especie de purificador de aire para espacios cerrados que pueda funcionar en presencia de personas y que no genere residuos. ¿Considera que sería útil este aparato?*

Yo creo que sí que sería muy interesante, porque el problema de la ventilación que tenemos en algunos casos es que la calidad del aire del exterior es incluso peor que el aire que tenemos en el interior, por ejemplo, en ciudades muy contaminadas, ventilar el edificio con aire del exterior obliga a un tratamiento previo con filtros y eso acaba generando residuos. Entonces si fuéramos capaces de limpiar el aire que hay en el interior y a lo mejor emplear un pequeño aporte del exterior sería una solución mucho mejor. Si además, es posible que no genere residuos ya sería perfecto.

1.1.2 Entrevista a la Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunitat Valenciana (FISABIO)

La segunda de las entrevistas se realiza a Valle Morales Cuenca, R&I Project Manager, quien trabaja en la Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunidad Valenciana. A continuación, se expone la entrevista.

- *¿Podría explicarnos por favor las funciones de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental de la UJI? ¿Cuánto tiempo lleva formando parte de la misma?*

Respecto al tiempo que llevo formando parte de Fisabio empecé en 2019, es decir, hace 3 años. Yo trabajo en lo que es la gestión de proyectos y las funciones que desempeñamos son acompañar a los investigadores desde el proceso de solicitud de un proyecto hasta la concesión, ejecución y justificación del mismo. Es decir, nos encargamos principalmente de la parte más legal y financiera, pero, además, también les damos soporte en la parte técnica de la ejecución del proyecto, es decir, estamos en contacto.

- *¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental de la UJI?*

Fisabio es una fundación muy descentralizada, es decir, gestiona la investigación de la mayor parte de los departamentos de salud de la Comunidad Valenciana, además tenemos una matriz muy amplia y heterogénea, lo que nos hace más potentes y hace mucho más fácil que surjan sinergias y colaboraciones entre investigadores, lo que sin duda supone una fortaleza.

Por otra parte, respecto a debilidades he de destacar que el estar en el marco de una entidad pública lleva una burocracia y unas limitaciones importantes que afectan a veces a la investigación. Dependemos de los fondos y sobre todo en muchas ocasiones debemos cumplir con una serie de normativas en el marco de la naturaleza de la entidad en la que estamos las estructuras públicas, lo que se convierte en muchas ocasiones en un factor limitante para la investigación.

- *¿De dónde se obtienen los fondos necesarios para llevar a cabo los proyectos?*

Desde la gestión de proyectos gestionamos subvenciones de todo tipo, desde subvenciones a nivel privado como público, en concurrencia competitiva y no competitiva, a nivel interno que es lo que se denomina ayudas internacionales Fisabio, como a nivel de la Comunidad Valenciana, es decir, la consellería, a nivel nacional entre entidades como el Instituto de salud Carlos III y el Ministerio o a nivel internacional en el programa horizonte Europa principalmente.

- *¿Cómo son las necesidades de ventilación o higienización de espacios cerrados?
¿Qué niveles de exigencia existe?*

En nuestro caso, Fisabio servicios centrales se encuentra en edificios de salud pública y somos mucha gente por despacho. En muchos despachos la posibilidad de ventilación es escasa, lo que dificulta la posibilidad de implantar medidas con respecto por ejemplo en tema COVID. Ello conllevó a que se optara en muchas ocasiones por el teletrabajo.

- *¿Cómo considera que ha afectado la pandemia a las necesidades de higienización o ventilación de espacios cerrados?*

A nosotros como empresa nos ha afectado notablemente. Como he mencionado, en muchas ocasiones apostamos por el teletrabajo, además también se llevó a cabo la reestructuración de los espacios para generar el mayor número de puestos de trabajo en zonas ventiladas. Sin embargo, somos conscientes de que no pueden realizarse grandes medidas, pues estamos muy limitados.

- *¿Se le ocurre alguna necesidad a nivel de higienización de espacios cerrados que no esté cubierta o alguna mejora que pudiese implementarse?*

En nuestro caso, deberían principalmente proponerse mejoras en la ventilación, sin embargo, me parece una tarea complicada con la infraestructura de la que disponemos, pues somos mucha gente en cada uno de los departamentos.

- *¿Es verdad que el COVID supone un riesgo adicional en cuanto a la calidad del aire, es decir, el COVID ha abierto nuevas preocupaciones a nivel técnico?*

Sí, quizás ya no tanto, pero sí la sigue habiendo. A pesar de las medidas implementadas, sigue habiendo preocupación en el ámbito laboral, pues estamos en espacios muy cerrados con mucha gente cerca por lo que, por ejemplo, sigue siendo obligatoria la mascarilla. Creo que en el ámbito laboral la gente tiene una preocupación mayor quizás que en su día a día.

- *¿Existe algún método a nivel de higienización del aire del interior de espacios cerrados que proteja a las personas frente a la transmisión del virus?*

Pues te diría que nosotros disponemos de ningunos, es posible que la desconozca y que las personas encargadas de mantenimiento sí que estén al tanto de ello, pues yo no

conozco como están los conductos de aire o si se han puesto una especie de filtros, pero en principio te diría que no.

- *Estamos interesados en diseñar una especie de purificador de aire para espacios cerrados que pueda funcionar en presencia de personas y que no genere residuos. ¿Considera que sería útil este aparato?*

Sí me parecería super útil, sobre todo en edificios como en el que trabajo en los que la ventilación está limitada y donde compartimos muchísimas horas muchísimas personas, por lo que en mi opinión que sí que sería útil, bien para la transmisión de cualquier virus o bien para alcanzar un ambiente mucho más sano.

1.1.3 Entrevista al Servicio de Prevención y Gestión medioambiental de la Universitat Jaume I

La última de las entrevistas se realiza a Jesús Miralles Castelló, técnico superior en seguridad en el trabajo, quien trabaja en la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental de la UJI. A continuación, se expone la entrevista.

- *¿Podría explicarnos por favor las funciones de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental de la UJI? ¿Cuánto tiempo lleva formando parte de la misma?*

El tema de la prevención de riesgos siempre ha estado, a partir de la ordenanza general de seguridad e higiene, pero a partir de 1995 sale la Ley de prevención de Riesgos Laborales, que obligaba a todas las empresas a tener un servicio de prevención propia, a asumir las tareas de prevención.

Hay 4 especialidades; seguridad en el trabajo, ergonomía y psicología, higiene industrial y medicina del trabajo.

Las empresas grandes con más de 500 trabajadores están obligadas a tener un servicio de prevención propio con al menos dos especialidades propias. La UJI escogió seguridad en el trabajo y ergonomía y psicología, mientras que las otras dos especialidades se contratan a un servicio de prevención externo y concretamente la de higiene, por su estrecha relación con seguridad en el trabajo la coordino yo.

Nuestra función es hacer prevención de riesgos, estudiar las actividades que se llevan a cabo en la Universidad, donde están los riesgos y tomar las medidas para evitar que la gente tenga accidentes o enfermedades profesionales.

Además, más tarde se incluyó también la Gestión Medioambiental.

Yo empecé a trabajar en este departamento en el año 1999.

- *¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental de la UJI?*

En cuanto a fortalezas, yo creo que somos un servicio de obligación legal, al final damos un servicio a todo el personal y en mi opinión estamos bien reconocidos, pues considero que a la vigilancia de la salud cada vez se le da una mayor importancia y reconocimiento. Además, gestionamos servicio para todo el personal, desde fisioterapia, asistencia psicológica, atención a problemas ergonómicos, etc.

Por lo que respecta a debilidades, considero que nos hace falta personal para poder desarrollar correctamente los planes de emergencia.

- *¿De dónde se obtienen los fondos necesarios para llevar a cabo los proyectos?*

El presupuesto del que disponemos es todo de la UJI, nosotros como servicio central tenemos un presupuesto de la UJI. Sin embargo, es cierto que otra de las debilidades es que tenemos poco presupuesto en el Servei,, pero el vicerrectorado de infraestructuras si hay alguna necesidad se hace cargo.

- *¿Cómo son las necesidades de ventilación o higienización de espacios cerrados?
¿Qué niveles de exigencia existe?*

Todos los espacios UJI están considerados espacios sanos. Siempre nos hemos fiado de los proyectos de climatización, cada espacio tiene su climatización de forma centralizada. La oficina técnica sí que se dedica a mantener las máquinas de climatización y los filtros, pero las necesidades higiénicas nunca se han identificado.

Si que es cierto que la oficina técnica, desde siempre juega con la renovación de aire manteniendo el tema económico.

Además, algunas zonas como los laboratorios químicos tienen sistemas de ventilación cerrados individuales, para garantizar la seguridad.

- *¿Cómo considera que ha afectado la pandemia a las necesidades de higienización o ventilación de espacios cerrados?*

Como he mencionado anteriormente, a nivel de ventilación se juega con la renovación de aire y el coste económico y antes del COVID se podía hacer una especie de recirculación del aire de una magnitud del 30% para ahorrar costes bien de ventilación o de calefacción. Sin embargo, desde la pandemia, para mejorar la ventilación de locales se renueva el 100%, lo que para el tema de ventilación es muy bueno, mientras que a nivel de consumo económico se ha disparado mucho.

Por otro lado, respecto a nivel de higienización no se han realizado mediciones de nivel de calidad, sin embargo, sí que hemos realizado mediciones de CO₂, ya que este parámetro indica el nivel de renovación de aire que hay en los espacios cerrados.

- *¿Se le ocurre alguna necesidad a nivel de higienización de espacios cerrados que no esté cubierta o alguna mejora que pudiese implementarse?*

Una cosa que podría hacerse a nivel de recirculación de aire es automatizar los procesos, es decir, instalar dentro del sistema de ventilación sensores de CO₂.

A nivel de higienización podría implantarse un sistema de inactivación de los virus que permitiera higienizar el aire dentro del climatizador directamente, de manera que el aire que entra esté limpio.

- *¿Es verdad que el COVID supone un riesgo adicional en cuanto a la calidad del aire, es decir, el COVID ha abierto nuevas preocupaciones a nivel técnico?*

A nivel técnico no, pero a nivel social seguro que sí. Ese mantenimiento de la distancia al que nos hemos acostumbrado, quitarlo sin ningún tipo de filtro resultaría complicado. Convendría generar aire más limpio, o asegurar a la gente que el sistema implantado en el espacio cerrado ya es seguro.

- *¿Existe algún método a nivel de higienización del aire del interior de espacios cerrados que proteja a las personas frente a la transmisión del virus?*

Aquí en la UJI aplicado en las aulas no existe. Al tratarse de edificios administrativos no existe una contaminación grande. Eso no quiere decir, que en algún laboratorio no se instale algún sistema de higienización como filtros HEPA, pero de manera concreta, el resto se lleva con recirculación de aire normal.

- *Estamos interesados en diseñar una especie de purificador de aire para espacios cerrados que pueda funcionar en presencia de personas y que no genere residuos.*

¿Considera que sería útil este aparato?

Útil sería desde luego, ya que si es un aparato que puedes tener que higieniza el aire a la vez que la gente esté haciendo sus actividades y además no deje residuos sería un gran avance. O eso, o como he comentado anteriormente un sistema que se instale dentro del mismo climatizador o en las tuberías (del mismo modo que están los motores de impulsión del aire), que asegure que todo el aire que se distribuye esté higienizado. Este aparato podría estar escondido y no se vería.

1.2 Reflexión

La posibilidad de poder realizar el Trabajo Final de Grado empleando la metodología APS ha supuesto un enriquecimiento tanto a nivel personal como académico, pues me ha permitido conocer de cerca el funcionamiento, las limitaciones y las oportunidades que ofrece la metodología, además de poder aplicar a la práctica y a un contexto real los aprendizajes adquiridos a lo largo de la carrera.

En un primer momento, se optó por un proyecto inicial para APS en base a la bibliografía encontrada. Este consistía en modificar un microondas doméstico que permitiría la higienización de espacios cerrados. Debido al bajo coste del proyecto y la facilidad de su instalación y mantenimiento, se pensó en la donación de un prototipo a una ONG de la localidad en la que resido, que realiza intervenciones quirúrgicas altruistamente en países subdesarrollados. La instalación del prototipo diseñado presentaría mejoras significativas en la calidad del aire de la intervención, lo que supondría fuertes mejoras tanto para el personal sanitario y los pacientes, como para el éxito de la intervención.

Sin embargo, como consecuencia al estudio de las condiciones alcanzadas con el microondas modificado, fue necesario reconducir el proyecto, pues este no garantizaba la calidad del aire de la intervención.

Así pues, este descubrimiento supuso un cambio de dirección en la metodología APS del presente proyecto. Debido al tiempo disponible para la realización del TFG (un par de meses) y a la naturaleza del proyecto (con escasa bibliografía y datos experimentales), ha resultado imposible ser capaz de construir un prototipo y comprobar su correcto funcionamiento, por lo que no era posible ofrecer un prototipo que garantizara la calidad del aire para las intervenciones realizadas por la ONG.

No obstante, queríamos encontrar una salida que permitiese por lo menos compartir los hallazgos alcanzados durante la realización del TFG con la sociedad, para garantizar el cumplimiento de los dos aspectos centrales del APS; Aprendizaje y Servicio. Debido a las circunstancias anteriormente expuestas (tanto el tiempo como los recursos disponibles) se consideró que la opción disponible era configurar el TFG de acceso abierto, de modo que cualquier persona interesada en los hallazgos realizados pudiese consultar todos los documentos que conforman el TFG.

A modo de conclusión, exponer mi agradecimiento a las personas que han hecho posible la aplicación de la metodología APS al presente proyecto, tanto a las 3 personas entrevistadas; Ángel Miguel Pitarch Roig, Valle Morales Cuenca y Jesús Miralles Castelló, como a Vicente Sanz Solana y Óscar Chiva Bartoll, por su tiempo, disponibilidad y consejos.

2. Cálculo de las dimensiones de la sección y curvatura de la guía de onda de onda

Como se ha comentado anteriormente en la memoria, para la obtención de las dimensiones de la guía de onda, se ha obtenido una media de los factores que se aplican a las guías de onda de frecuencia superior comerciales. Así pues, las guías de onda comerciales seleccionadas son las mostradas en las Ilustraciones 1 y 2.

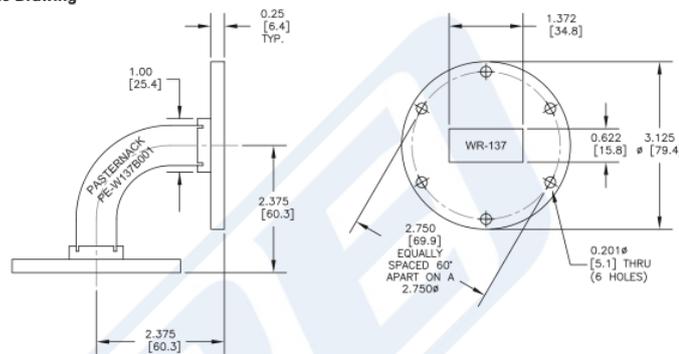


WR-137 Waveguide E-Bend with UG-344/U Flange
Operating from 5.85 GHz to 8.2 GHz

TECHNICAL DATA SHEET

PE-W137B001

Outline Drawing



WR-137 Waveguide E-Bend with UG-344/U Flange Operating from 5.85 GHz to 8.2 GHz from Pasternack Enterprises has same day shipment for domestic and International orders. Our RF, microwave and millimeter wave products maintain a 99% availability and are part of the broadest selection in the industry.

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications: [WR-137 Waveguide E-Bend with UG-344/U Flange Operating from 5.85 GHz to 8.2 GHz PE-W137B001](http://www.pasternack.com/wr-137-waveguide-e-bend-ug-344-flange-5.85-8.2-ghz-pe-w137b001-p.aspx)

URL: <http://www.pasternack.com/wr-137-waveguide-e-bend-ug-344-flange-5.85-8.2-ghz-pe-w137b001-p.aspx>

The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Pasternack reserves the right to make such changes as required. Unless otherwise stated, all specifications are nominal. Pasternack does not make any representation or warranty regarding the suitability of the part described herein for any particular purpose, and Pasternack does not assume any liability arising out of the use of any part or documentation.

Pasternack Enterprises, Inc. • P.O. Box 16759, Irvine, CA 92623
Phone: (866) 727-8376 or (949) 261-1920 • Fax: (949) 261-7451
Sales@Pasternack.com • Techsupport@Pasternack.com

© 2014 Pasternack Enterprises All Rights Reserved

PE-W137B001 REV 1

2

Ilustración 1. Guía de onda comercial operativa para 5,85 GHz – 8,2 GHz.

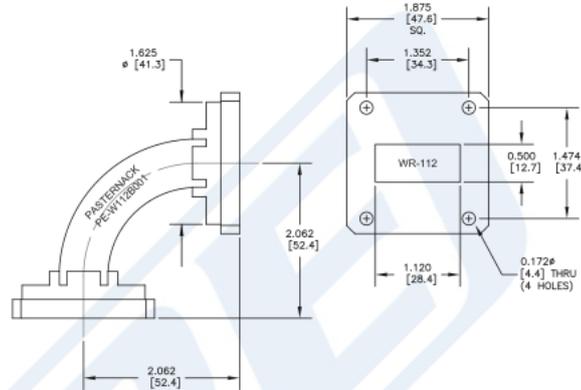


WR-112 Waveguide E-Bend with UG-51/U Flange
Operating from 7.05 GHz to 10 GHz

TECHNICAL DATA SHEET

PE-W112B001

Outline Drawing



WR-112 Waveguide E-Bend with UG-51/U Flange Operating from 7.05 GHz to 10 GHz from Pasternack Enterprises has same day shipment for domestic and international orders. Our RF, microwave and millimeter wave products maintain a 99% availability and are part of the broadest selection in the industry.

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications: WR-112 Waveguide E-Bend with UG-51/U Flange Operating from 7.05 GHz to 10 GHz PE-W112B001

URL: <http://www.pasternack.com/wr-112-waveguide-e-bend-ug-51-flange-7.05-10-ghz-pe-w112b001-p.aspx>

The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Pasternack reserves the right to make such changes as required. Unless otherwise stated, all specifications are nominal. Pasternack does not make any representation or warranty regarding the suitability of the part described herein for any particular purpose, and Pasternack does not assume any liability arising out of the use of any part or documentation.

Pasternack Enterprises, Inc. • P.O. Box 16759, Irvine, CA 92623
Phone: (866) 727-8376 or (949) 261-1920 • Fax: (949) 261-7451
Sales@Pasternack.com • Techsupport@Pasternack.com

© 2014 Pasternack Enterprises All Rights Reserved

PE-W112B001 REV 1

2

Ilustración 2. Guía de onda comercial operativa para 7,05 GHz – 10 GHz.

Como puede observarse, las guías de onda expuestas corresponden a un intervalo de frecuencias de corte, por lo que para los cálculos que se realizan a continuación se ha optado por simplificar dicho intervalo por el valor más pequeño de las frecuencias de corte.

2.1 Ancho de la sección de la guía de onda

- Guía de onda 5,85 GHz

A partir de la Ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,564$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 1, el ancho de la sección de la guía de onda es de 3,48 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 1,357.

- Guía de onda 7,05 GHz

A partir de la Ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,1125$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 2, el ancho de la sección de la guía de onda es de 2,84 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 1,344.

Una vez obtenidos ambos factores, se obtiene el factor definitivo a partir del valor promedio.

$$factor\ ancho = \frac{1,357 + 1,344}{2} = 1,3505$$

2.2 Alto de la sección de la guía de onda

- Guía de onda 5,85 GHz

A partir de la Ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,564$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 1, el alto de la sección de la guía de onda es de 1,58 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 0,616.

- Guía de onda 7,05 GHz

A partir de la Ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,1125$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 2, el alto de la sección de la guía de onda es de 1,27 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 0,601.

Una vez obtenidos ambos factores, se obtiene el factor definitivo a partir del valor promedio.

$$factor\ alto = \frac{0,616 + 0,601}{2} = 0,6085$$

2.3 Curvatura permitida de la guía de onda

Para el siguiente paso conviene observar las Ilustraciones 3 y 4.

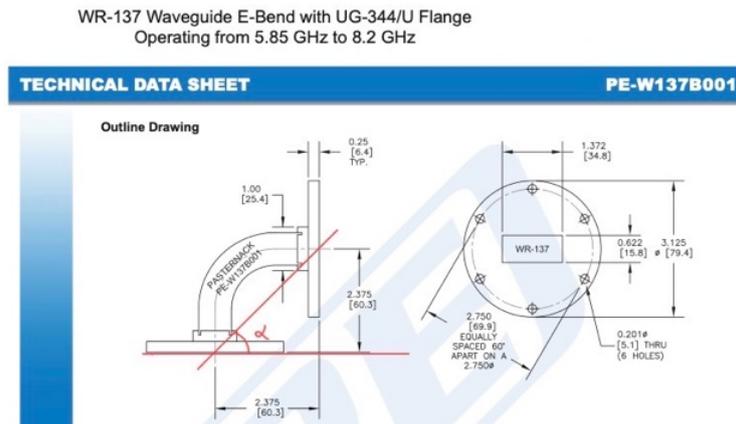


Ilustración 3. Curvatura guía de onda comercial operativa para 5,85 GHz – 8,2 GHz.

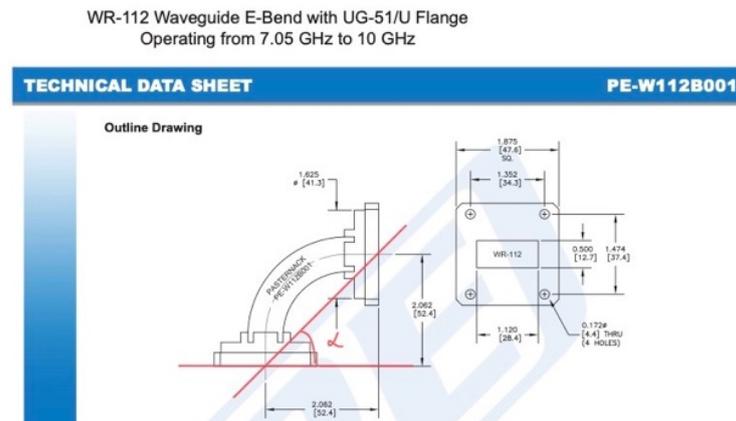


Ilustración 4. Curvatura guía de onda comercial operativa para 7,05 GHz – 10 GHz.

*Datos numéricos en centímetros

De estas Ilustraciones puede deducirse que el valor de α es siempre 45° , por lo que se asume que para la guía de onda diseñada se utilizará también un valor de $\alpha=45^\circ$.

Por otro lado, respecto al radio de la curvatura que se permite seguir, se realiza el siguiente estudio.

- Guía de onda 5,85 GHz

A partir de la Ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,564$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 3, el radio de la curvatura de la guía de onda es de 6,03 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 2,352.

- Guía de onda 7,05 GHz

A partir de la ecuación 2 se obtiene el valor $\lambda/2=2,1125$ cm.

Como puede observarse en la Ilustración 4, la curvatura de la sección de la guía de onda es de 5,24 cm, por lo que dividiendo dicha magnitud por el valor de $\lambda/2$, se obtiene un factor de 2,48.

Una vez obtenidos ambos factores, se obtiene el factor definitivo a partir del valor promedio.

$$\text{factor curvatura} = \frac{2,352 + 2,48}{2} = 2,42$$

3. Longitud de la guía de onda

3.1 Cinética del estudio bibliográfico

Partiendo de la Ecuación 3 del documento de la Memoria y asumiendo que se trata de un sistema con una reacción química y volumen constante, cuya variable de composición es c_j , se obtiene la Ecuación 1.

Ecuación 1. *Balance a un RDTA con 1 reacción química y volumen constante.*

$$dt = \frac{dc_j}{v_j \cdot r}$$

Considerando que se trata de una reacción de primer orden irreversible y definiendo c_j se obtiene la Ecuación 2.

$$dt = c_{ko} \cdot \frac{dX}{K \cdot c_1}$$

$$dt = c_{ko} \cdot \frac{dX}{K \cdot c_{ko} \cdot (1 - X)}$$

Ecuación 2. *Balance definitivo del RDTA estudiado.*

$$dt = \frac{1}{K} \cdot \frac{dX}{(1 - X)}$$

Así pues, la Ecuación 3 muestra la resolución del balance definitivo y corresponde a la Ecuación 4 del documento Memoria.

Ecuación 3. *Cinética del purificador de aire diseñado.*

$$t = \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - X} \right)$$

3.2 Cinética del purificador de aire diseñado

Partiendo de la Ecuación 5 del documento de la Memoria y asumiendo que se trata de un sistema con una reacción química y densidad constante, se obtiene la Ecuación 4.

Ecuación 4. *Balance a un RFP con 1 reacción química y densidad constante.*

$$dV = F_{ko} \cdot \frac{dX}{(-v_k) \cdot r}$$

Considerando que se trata de una reacción de primer orden irreversible se obtiene la Ecuación 5.

Ecuación 5. Balance a un RFP con 1 reacción química y densidad constante.

$$dV = F_{ko} \cdot \frac{dX}{K \cdot c_{1o} \cdot (1 - X)}$$

Considerando la siguientes relaciones;

$$c_{1o} = \frac{F_{ko}}{Q_{vo}}$$

$$V = S \cdot L$$

Donde V: Volumen

S: Sección

L: Longitud

Se obtiene la Ecuación 6.

Ecuación 6. Balance definitivo del RFP estudiado.

$$dL = Q_{vo} \cdot \frac{dX}{K \cdot (1 - X)}$$

Así pues, la ecuación 7 muestra la resolución del balance definitivo, y corresponde a la Ecuación 6 del documento Memoria.

Ecuación 7. Resolución del balance definitivo del RDTA estudiado.

$$L = \frac{Q_{vo}}{S} \cdot \frac{1}{K} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - X} \right)$$

3.3 Régimen de circulación

La Ecuación 7 del documento de la memoria permite calcular el módulo de Reynolds, tal y como se muestra a continuación.

$$Re = \frac{G \cdot D}{\mu}$$

Donde $G = V \cdot \rho$ ($\frac{kg}{m^2 \cdot s}$)

$$V = \frac{Q_v}{S} \quad \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\rho_{aire} (0^\circ C) = 1,292 \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu_{aire} (0^\circ C) = 1,338 \cdot 10^{-5} \frac{kg}{m \cdot s}$$

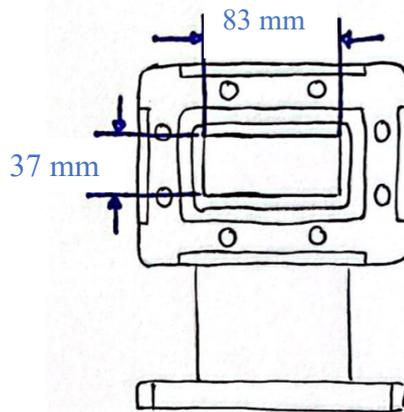
La densidad y la viscosidad cinemática se han obtenido a partir de la Ilustración 9, mostrada en el presente documento de Anexos, en el apartado 6. Tablas empleadas.

D (Diámetro de la conducción)

El presente proyecto utiliza la variable D de manera equivalente al término diámetro equivalente. Así pues, para calcular el mismo se utiliza la Ecuación 8 expuesta en el documento Memoria.

$$D_e = 4 \cdot R_H = 4 \cdot \frac{a \cdot b}{2 \cdot a + 2 \cdot b}$$

Los datos necesarios para el cálculo del mismo se obtienen de la sección diseñada de la guía de onda, mostrados en la Ilustración 28 del Documento Memoria, también expuesta de nuevo a continuación.



*Datos numéricos en centímetros

Así pues, el diámetro equivalente obtenido es el siguiente.

$$D_e = 4 \cdot R_H = 4 \cdot \frac{83 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm}}{2 \cdot 83 \text{ mm} + 2 \cdot 37 \text{ mm}} = 51,183 \text{ mm}$$

El valor del módulo de Reynolds se expone a continuación.

$$Re = \frac{Q_V}{S} \cdot \rho \cdot D = \frac{13,5 \cdot 10^{-3}}{3,071 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,292 \cdot 51,183 \cdot 10^{-3}}{1,338 \cdot 10^{-5}}$$

$$Re = 21726,32$$

3.4 Balance de energía mecánica para una circulación isoterma

El siguiente paso consiste en desarrollar el balance de energía mecánica expresado en la Ecuación 9 del documento de la Memoria, tal y como se expone a continuación.

$$\frac{M}{2 \cdot Z \cdot R \cdot T} \cdot (p_1^2 - p_2^2) = 2 \cdot f \cdot G^2 \cdot \frac{L}{D} + \frac{G^2}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

Donde M_{aire} (Peso molecular del aire) = $28,9 \frac{g}{mol}$

Z (Factor de compresibilidad) = 1

$$R \text{ (Constante de los gases ideales)} = 8314 \frac{J}{\text{mol}\cdot K}$$

$$T \text{ (Temperatura)} = 273 \text{ K}$$

$$p_1 \text{ (Presión necesaria a la entrada de la conducción)*}$$

$$p_2 \text{ (Presión a la salida de la conducción)} = 101325 \frac{N}{m^2}$$

$$f \text{ (factor f)**}$$

$$G \text{ (Velocidad másica)} = 5,68 \frac{kg}{m^2\cdot s}$$

$$L \text{ (Longitud de la conducción)***}$$

$$D \text{ (Diámetro de la conducción)****}$$

$$\alpha = 1 \text{ (régimen turbulento)}$$

*La presión 1 (p_1) es la incógnita que debe calcularse

**El valor del factor f se calcula a partir del Gráfico de Moody. Para ello, se requiere conocer la rugosidad relativa (obtenida a partir de la rugosidad absoluta y el diámetro de la conducción) y el número de Reynolds (calculado anteriormente con valor 21726,32). Por lo que respecta a la rugosidad relativa, la presente conducción es de cobre, por lo que el valor de su coeficiente de rugosidad absoluta (mm) es de 0,0015, como puede comprobarse a partir de la Ilustración 5.

Material	Coficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C_H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Ilustración 5. Obtención del coeficiente de rugosidad absoluta del cobre (mm).

Así pues, su rugosidad relativa se calcula a continuación.

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015 \text{ mm}}{51,183 \text{ mm}} = 29 \cdot 10^{-6}$$

El valor de la rugosidad relativa obtenida es insignificante, por lo que para la obtención del factor f a partir del gráfico de Moody se utilizará la rugosidad relativa de un tubo liso.

A partir de los anteriores datos, se muestra en la Ilustración 6 la obtención del coeficiente de frotamiento, es decir, de $4f$.

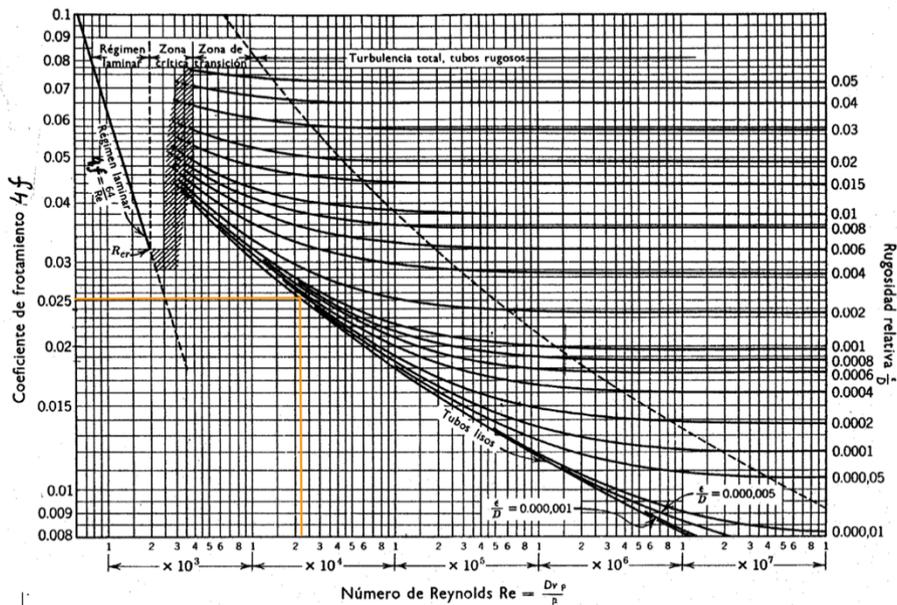


Ilustración 6. Obtención del coeficiente de frotamiento.

Como puede observarse, se ha obtenido un valor de $4f = 0,025$, lo que supone un valor del factor f de $6,23 \cdot 10^{-3}$.

***Para la obtención de la longitud total de la conducción, deben tenerse en cuenta tanto los tramos rectos como los accidentes de la conducción.

Para ello, se utiliza el Plano 1, del documento Planos, del que se obtiene la medida de los tramos rectos y accidentes.

Gracias al mismo, la longitud de los tramos rectos se calcula a continuación.

$$\text{Longitud de los tramos rectos} = 2 \cdot 0,5824 \text{ m} + 5 \cdot 0,410 \text{ m} = 3,215 \text{ m}$$

La longitud de cada uno de los accidentes se calcula a partir de la longitud del semicírculo que lo forma, tal y como se muestra a continuación.

$$\text{Longitud de cada accidente} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{2} = \pi \cdot 0,151 = 0,474 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de los accidentes} = 6 \cdot 0,474 = 2,846 \text{ m}$$

Sin embargo, al tratarse de accidentes se aplica un factor del doble de la longitud real obtenida para tratar de contemplar las pérdidas que se generen en dichos accidentes. Así pues, la longitud definitiva de los accidentes es la siguiente.

$$\text{Longitud definitiva de los accidentes} = 2 \cdot 2,846 = 5,692 \text{ m}$$

Finalmente, la longitud definitiva de la guía de onda para el cálculo del balance de energía para una conducción isoterma se muestra a continuación.

$$\textit{Longitud definitiva de la conducción} = 3,215 + 5,692$$

$$\textit{Longitud definitiva de la conducción} = 8,91 \textit{ m}$$

****El diámetro de la conducción que se emplea para el cálculo del Balance de Energía Mecánica es el diámetro equivalente, obtenido anteriormente en el *apartado 7.2.6. Régimen de circulación en la guía de onda* del presente documento Anexos. Este es $51,183 \cdot 10^{-3}m$.

4. Estudio de viabilidad económica

El presente apartado expone los cálculos necesarios para el estudio económico del proyecto.

Así pues, el estudio se divide en los siguientes apartados.

4.1 Presupuesto de inversión

La inversión inicial que debe realizarse es de **1657,51€**. Como se ha mencionado en el documento Memoria, este es el coste de desarrollar, diseñar y fabricar el prototipo inicial. La compra de componentes a precio OEM (fabricante de equipos originales) reduciría su coste y permitiría reducir significativamente su precio.

4.2 Presupuesto de explotación

4.2.1 Ingresos

En lo referente a ingresos, se considera que el primer año se venden 300 purificadores, el segundo 320, el tercero 340 y el cuarto y en adelante 350 purificadores al año. Además, tras realizar una búsqueda de los precios de empresas que comercializan purificadores de calidad y prestaciones similar al diseñado, se establece que el precio de venta sea de 800€.

4.2.2 Gastos

Los gastos pueden clasificarse en gastos directos y gastos indirectos. Los gastos directos son aquellos que están directamente relacionados con la elaboración del producto. Por otra parte, los gastos indirectos son aquellos que no se relacionan directamente con la producción, por lo que tienen un valor fijo independientemente de la producción.

Así pues, los gastos vienen dados por:

- El precio de los componentes (materiales mecánicos y eléctricos, piezas comerciales y tornillos) y la mano de obra.
- La energía consumida para realizar el montaje de la máquina
- Los gastos derivados del primer establecimiento
- Los gastos debidos a la amortización del prototipo
- Los gastos generales de la empresa
- Los gastos asociados al coste de ingeniería

4.2.3 Amortización

El objetivo de la amortización es lograr que al final de la vida útil de un bien, se haya registrado como gasto de amortización el importe necesario para recuperar la inversión realizada. Es decir, representa el valor de depreciación del equipo a lo largo del tiempo. Para contemplarla como gasto es importante exponer que la maquinaria posee una vida útil de 8 años en término medio, pues el avance de las tecnologías produce mejoras en los equipos industriales con el paso del tiempo, por lo que las empresas renuevan los equipos antes de que estos queden obsoletos. Con ello, se procede al cálculo del valor de la amortización a partir de la Ecuación 8.

Ecuación 8. *Cálculo de la amortización.*

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Tiempo de amortización}}$$

Sustituyendo los valores oportunos en la Ecuación 8, se obtiene el valor de la amortización anual del presente proyecto.

$$\text{Amortización} = \frac{1657,51}{8} = 207,19 \text{ €}$$

4.2.4 Beneficio bruto

Conocidos los valores de los gastos totales e ingresos, es posible calcular los beneficios brutos generados a partir de la Ecuación 9.

Ecuación 9. *Cálculo del beneficio bruto.*

$$\text{Beneficio bruto} = \text{Ingresos} - \text{Gastos totales}$$

4.2.5 Beneficio neto

A partir del beneficio bruto es posible conocer el beneficio neto dada la relación entre ambos. Esta relación se muestra en la Ecuación 10.

Ecuación 10. *Cálculo del beneficio neto.*

$$\text{Beneficio neto} = 0,75 \cdot \text{Beneficio bruto}$$

4.2.6 Flujo de caja

Una vez obtenido el beneficio neto y bruto, es posible calcular el flujo de caja gracias a la Ecuación 11.

Ecuación 11. *Cálculo del Flujo de Caja.*

$$FC = Bn + \text{amortización} > 0$$

4.2.7 Valor Actual Neto

El valor del Valor Actual Neto (VAN) es posible calcularlo a partir de la Ecuación 12.

Ecuación 12. *Cálculo del VAN.*

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

La obtención de un valor positivo para el VAN demuestra que el proyecto desarrollado produce excedentes. A partir de esto, puede deducirse que serán mejores aquellos proyectos que posean un mayor valor para el VAN.

4.2.8 Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno

El TIR puede calcularse a partir de la Ecuación 13.

Ecuación 13. *Cálculo del TIR.*

$$i = I - I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + i)^n}$$

Por lo que respecta al TIR, es interesante realizar los proyectos cuyo TIR sea superior al interés normal del dinero del mercado de capitales.

4.2.9 Periodo de Retorno

Por último, el periodo de retorno se obtiene a partir de la Ecuación 14.

Ecuación 14. *Cálculo del Periodo de Retorno.*

$$PR = \frac{\text{Inversión total}}{FC \text{ promedio anual}}$$

Las Ilustraciones 7 y 8 muestran los cálculos realizados.

1	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN		
	GASTO	AMORTIZACIÓN	AMORTIZACIÓN
	€	(Años)	(Cálculo anual) (€)
ADQUISICIÓN DE :			
INVERSIÓN TOTAL INICIAL	1.657,51 €	8	207,19 €
Gastos 1er establecimiento (Estimar 10%)	165,75 €		
Io	1.823,26 €		

Ilustración 7. *Presupuesto de inversión.*

máquinas vendidas		año 2	año 3	año 4 en adelante	precio coste purificador	775 €
año 1	300	320	340	350	precio venta purificador	800,00 €
total máquinas 8 años		2710			horas ingeniería	125
coste energía 1 maq		11,50 €			coste por hora	22,00 €
					coste ingeniería total	2.750,00 €
					coste ingeniería por máquina	1,01 €

PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN		ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8
INGRESOS		240.000,00 €	260.352,00 €	281.326,61 €	294.524,14 €	299.531,05 €	304.623,07 €	309.801,67 €	315.088,29 €
VENTAS (producto acabado)									
GASTOS									
Componentes, y mano de obra		232.643,13 €	252.371,26 €	272.702,92 €	285.495,90 €	290.349,33 €	295.285,27 €	300.305,12 €	305.410,31 €
Licencias		252,25 €	256,53 €	260,90 €	265,33 €	269,84 €	274,43 €	279,09 €	283,84 €
Energía consumida		3.450,00 €	3.742,56 €	4.044,07 €	4.233,78 €	4.305,76 €	4.378,96 €	4.453,40 €	4.529,11 €
Gastos del 1er establec. (1er año)		165,75 €							
Amortización prototipo		207,19 €	207,19 €	207,19 €	207,19 €	207,19 €	207,19 €	207,19 €	207,19 €
Coste Ingeniería		304,43 €	324,72 €	345,02 €	355,17 €	355,17 €	355,17 €	355,17 €	355,17 €
Gastos generales (telf., oficina,etc...)		2.000,00 €	2.034,00 €	2.068,58 €	2.103,74 €	2.139,51 €	2.175,88 €	2.212,87 €	2.250,49 €
TOTAL GASTOS		239.022,74 €	258.936,27 €	279.628,68 €	292.661,11 €	297.626,79 €	302.676,89 €	307.812,84 €	313.036,09 €
BENEFICIO BRUTO		977,26 €	1.415,73 €	1.697,93 €	1.863,02 €	1.904,25 €	1.946,19 €	1.988,83 €	2.032,20 €
BENEFICIO NETO (25% imp)		732,94 €	1.061,80 €	1.273,45 €	1.397,27 €	1.428,19 €	1.459,64 €	1.491,62 €	1.524,15 €
FLUJO DE CAJA (FC)		940,13 €	1.268,99 €	1.480,64 €	1.604,46 €	1.635,38 €	1.666,83 €	1.698,81 €	1.731,34 €
									promedio
									1.503,32 €
VALOR ACTUAL NETO (VAN)		7.726,46 €							
TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)		66,90%							
PERIODO DE RETORNO (PR)		1,21	años						

Ilustración 8. Presupuesto de explotación.

5. Catálogos comerciales y hojas de datos técnicos

5.1 Magnetrón

FRANK ELECTRONIC & PLASTIC CO.,LTD.

A03005

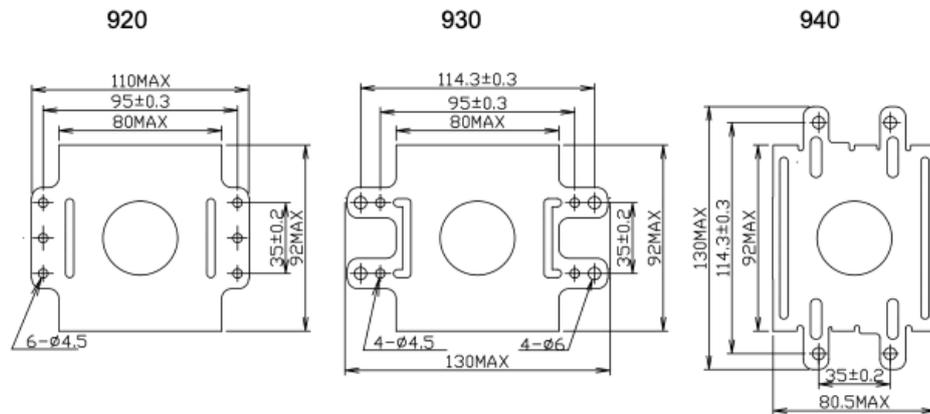
2M319 SERIES

1. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

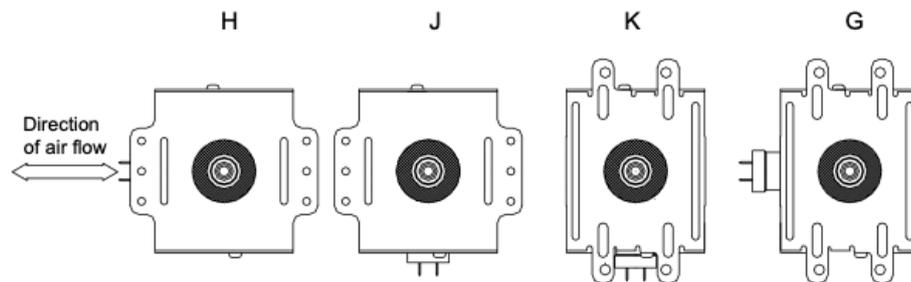
Peak anode voltage (ebm)	4.4±0.15kV
Average anode current (Ib)	320mA _{dc}
Average output power (Po)	1050±40W
Frequency (fo)	2458±10MHz
Filament voltage(Ef)	3.3V
Weight	810g
Typical oven power by IEC method	900~1100W



2. VARIATION OF MOUNTING YOKE FOR FITTING INTO MICROWAVE OVEN



3. OPTIONS(Mounting plate and direction of filament terminal)



FRANK ELECTRONIC & PLASTIC CO.,LTD.
 TEL:86-571-85829475 FAX:86-571-85829470 www.frank-ele.com

Page 1 of 1

5.2 Transformador

GALANZ MAGNETRONES/TRANSFORMADORES/ELECTRÓNICAS



1 componentes eléctricos



1

código	403259	referencia	GMW1030-C08 M24FB-610A P180M30ASL-YL-C08 SEE30FYLH-SABC0G-C08
descripción	Magnetron tipo M24FB-610A para microondas apto para GALANZ		

electrónicas

accesorios electrónicos



1

código	551213	referencia	223249000078 GMW1030-P65 P180M30ASL-YL-P65 SEE30FYLH-SABC0G-P65
descripción	soporte para placa electrónica L 125mm An 80mm espesor 3mm plástico UE 1 pzs		

transformadores

transformadores de alta tensión



1

código	403258	referencia	253029000697 95244XC-5 GAL-900E-4 P180M30ASL-YL-C12 SEE30FYLH-SABC0G-C12
descripción	transformador de alta tensión primaria 230-240V 50Hz tipo 95244XC-5 para microondas		

placas electrónicas



1

código	403188	referencia	263029001088 GMW1025-C04 P100M25ASL-H4-C04 SEE250H4H-SABC0G-C04
descripción	filtro de red microondas para GMW1025 250V 50/60Hz conductor 2 placa electrónica empalme conector Faston 4,8mm L 80mm H 20mm An 40mm placa electrónica UE 1 pzs longitud del cable 120mm tipo DNV-0818A-5		



1

código	403737	referencia	253029000698 95244XC-7 GMW1030-C12
descripción	transformador de alta tensión primaria 230-240V 50Hz tipo 95244XC-7 para microondas		



1

código	403184	referencia	263029001216 GMW1030-C04 P180M30ASL-YL-C04 SEE30FYLH-SABC0G-C04
descripción	filtro de red para microondas tipo GMW1030 250V 50/60Hz conductor 2 placa electrónica empalme conector Faston 6,3mm L 90mm H 20mm An 70mm placa electrónica UE 1 pzs longitud del cable 130mm		



1

código	403257	referencia	253029000256 GAL-1000E-1G GMW1025-C12 P100M25ASL-H4-C12 SEE250H4H-SABC0G-C12
descripción	transformador de alta tensión primaria 230-240V 50Hz tipo GAL-1000E-1G para microondas		



1

código	403168	referencia	GMW1030-C17 old P180M30ASL-YL-C17 old SEE30FYLH-SABC0G-C17 old
descripción	placa de control microondas GMW1030 L 335mm An 50mm con indicación		

Encuentre nuestra gama siempre actualizada en la tienda web de GEV

5

5.3 Diodo de alto voltaje



2CL4509 2CL4512 High Voltage Diodes for Micro-Wave Oven

■ **Features**

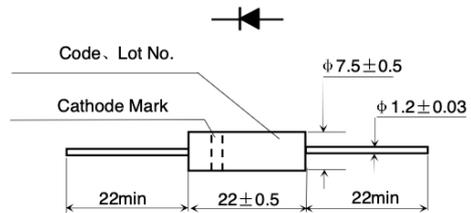
- $I_{F(AV)}$ 450mA
- V_{RRM} 9kV, 12kV
- High reliability

■ **Applications**

- Rectification for high voltage power supply of magnetron in Micro wave oven and others

■ **Outline Dimensions and Mark**

Unit: mm



Type	Code	Cathode Mark
2CL4509	T4509	
2CL4512	T4512	

■ **Limiting Values (Absolute Maximum Rating)**

Item	Symbol	Unit	2CL4509	2CL4512
Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	kV	9	12
Average Forward Current	$I_{F(AV)}$	mA	450	(50Hz Half-sine wave, Resistance load, $T_a \leq 60^\circ C$)
Forward Surge Current	I_{FSM}	A	30	(50Hz Half-sine wave, 1cycle, $T_a = 25^\circ C$)
Reverse Surge Current	I_{RSM}	mA	100	($W_p = 1ms$, Rectangular-wave, One-shot, $T_a = 25^\circ C$)
Virtual Junction Temperature	$T_{(vj)}$	$^\circ C$	130	
Storage Temperature	T_{stg}	$^\circ C$	-40 ~ +130	

*Cooling Requirement: Cathode terminal is fastened to radiating fin that size is more than 50mm×50mm×0.6mm Wind-cooled velocity is more than 0.5m/s

■ **Electrical Characteristics** ($T_a = 25^\circ C$ Unless otherwise specified)

Item	Symbol	Unit	Test Condition	2CL4509	2CL4512
Peak Forward Voltage	V_{FM}	V	$I_{FM} = 450mA$	≤ 9	≤ 11
Peak Reverse Current	I_{RRM1}	μA	$V_{RM} = V_{RRM}$	≤ 5	
Avalanche Breakdown Voltage	$V_{(BR)}$	kV	$I_R = 100 \mu A$	≥ 9.5	≥ 12.5

5.4 Fusible del circuito de alta tensión



Type 5MF / 5MFP Fast Blow Fuse Series

HF Pb 5MF/5MFP Series, 5x20mm Glass Tube Fast Blow Fuse

RoHS Compliant

Description

5x20mm Fast Blow, glass tube body cartridge fuse designed, approved and complied with UL and CSA standard 248-14.

Features

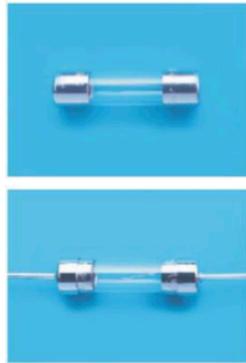
- Meet UL and CSA standard 248-14
- Wide operating temperature range
- Bulk and Tape & Reel packing available
- Full compliance with EU Directive 2011/65/EU and amending directive 2015/863
- Halogen Free
- Lead Free

Applications

Provide individual protection for components or internal circuits.

- Power supplies
- Battery charger
- Monitor
- Adapter

LEAD FREE = 
HALOGEN FREE = 



Physical Specifications

Materials	Body : Glass
	Cap: Nickel Plated Brass Caps
	Leads: Matte Tin Plated Copper
Marking	On Fuse :
	"bel", "5MF", "Current Rating", "Voltage Rating",
	"Appropriate Safety Logos", "✓" (RoHS compliant)
	On Label :
	"bel", "5MF" or "5MFP", "Current Rating", "Voltage Rating", "Interrupting Rating",
	"Appropriate Safety Logos" and "✓", "PF", "CE" (China RoHS compliant).

Electrical Characteristics (UL/CSA STD 248-14)

Testing Current	Blow Time	
	Minimum	Maximum
100%	4 Hrs.	N/A
135%	N/A	1 Hr.
200%	N/A	5 sec

Safety Agency Approvals

Safety Agency	Safety Agency Certificate	Ampere Rating/ Voltage Rating	Ampere Range / Volt @ I.R. ability*
	E20624	400mA-3A/250V AC	400mA-3A/250V AC@200A 400mA-8A/125V AC@10,000A
	LR39772		
	JET 1037-31003-1010 JET 1037-31003-1011	3.15A-8A/125V AC	1A-5A/125V AC@500A
	JET 1037-31003-1007		

*I.R.= Interrupting Rating = Short Circuit Rating(Amps)



Specifications subject to change without notice

belfuse.com/circuit-protection

5.5 Fusible del circuito de baja tensión

5.2mm × 20mm Time-Lag Ceramic Cartridge Fuse

multicomp PRO



Specification

Current Rating : 500mA to 20A
 Voltage Rating : 250V AC
 Fuse Body Material : Ceramic
 Termination Material : Nickel Plated Brass Caps
 Operating Temperature : -55°C to +125°C

**RoHS
Compliant**

Interrupting Current Rating

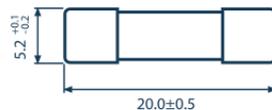
500mA to 12A : 1500A at 250V AC
 15A to 16A : 500A at 250V AC
 20A : 400A at 250V AC

Electrical Characteristics

Rating	150% Rating	210% Rating	275% Rating		400% Rating		1000% Rating	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
500mA to 800mA	60min	30min	250ms	80Sec.	50ms	5Sec.	5ms	150ms
1A to 3.15A			750ms		95ms		10ms	
4A to 6.3A			150ms		150ms			
8A to 20A	30min							

Part Number	Ampere Rating	Voltage Rating (V)	Nominal Cold Resistance (Ohms)	Voltage Drop (mV) Max.	Nominal Melting I ² t (A ² sec.)
MP000850	500mA	250	0.2276	850	0.729
MP000851	800mA		0.118	500	2.304
MP000852	1A		0.073	350	6.557
MP000853	2A		0.0499	190	18.576
MP000854	2.5A		0.0384	180	29.07
MP000855	3.15A		0.029	140	39.564
MP000856	4A		0.0186	100	97.92
MP000857	5A		0.0135	100	166.77
MP000858	6.3A		0.0105	100	198.48
MP000859	8A		0.0068	100	230.19
MP000860	12A		0.0034	100	848.88
MP000861	15A		0.0032	100	900.32
MP000862	16A		0.003	100	1086.6
MP000863	20A		0.0023	100	1687

Mechanical Dimensions



Dimensions : Millimetres

Newark.com/exclusive-brands
 Farnell.com/exclusive-brands
 Element14.com/exclusive-brands

multicomp PRO

5.6 Cable de alimentación

1. PVC FLEXIBLE CORD 1.1 SCOPE This specification shall be in accordance with EN 50525-2-11. Δ 1.2 CONSTRUCTION	REV.	DESCRIPTION	DATE
	I	REMOVE INSULATION COLOR 'BLUE, BROWN, BLACK' FM. REV. H PER HD STANDARD.	01/09/06
	J	CHANGE THE COMPLIANCE STANDARD PER SAFETY.	23/12/13
	J	UPDATE FORMAT AS SHOWN.	23/12/13
			23/12/13

CONDUCTOR	ANNEALED COPPER WIRE
INSULATION	PVC (BLUE, BROWN, GREEN&YELLOW)
JACKET	PVC

ITEM	UNIT	SPEC. VALUE	
TEMPERATURE RATING	°C	70	
RATED VOLTAGE	V	300/500	
NO. OF CORE	NO.	3	
CONDUCTOR NOMINAL AREA	mm ²	1.00	
MIN. AVE. THICKNESS OF INSULATION	mm	0.60	
MIN. THICKNESS AT ANY POINT OF INSULATION	mm	0.44	
MIN. AVE. THICKNESS OF JACKET	mm	0.80	
MIN. THICKNESS AT ANY POINT OF JACKET	mm	0.58	
OVERALL DIAMETER OF JACKET	mm	6.3~8.0	
DIELECTRIC-STRENGTH TEST IMMERSSED IN WATER, 20±5°C FOR MINIMUM 1HR	ON COMPLETED CABLE	-	2000 V FOR 15 MINS (MINIMUM)
	ON CORES	-	1500 V FOR 5 MINS (MINIMUM)
VOLTAGE TEST (D.C)	-	2000 V _{a.c} FOR 5 MINS (MINIMUM) OR 5000 V _{d.c} FOR 5 MINS (MINIMUM)	
INSULATION RESISTANCE TEST (70°C)	MΩ km	> 0.01	
CONDUCTOR RESISTANCE TEST (20°C)	Ω /km	≤ 19.5	

TITLE : CABLE SPECIFICATION EUROPEAN APPROVED POWER SUPPLY CABLE H05VV-F 3X1.00mm ²				
SPEC NO. :	APPROVED BY :	CHECKED BY :	DRAWN BY :	REVISION :
CS-048EU			HONGYAN	J
	DATE :	DATE :	DATE :	PAGE :
	20/12/13	27/12/13	23/12/13	1/1
Volex (Asia) Pte Ltd <small>Confidential property of Volex. Information contained herein shall not be disclosed to others, reproduced or used for any other purpose except as authorized in writing by an authorized official of Volex Asia.</small>				

5.7 Interruptor

5500 Lit Rocker Switches - Single Pole 16A 250Vac



16(4)A 250Vac T85
10(3)A 250Vac T100, (12A 250Vac T125 for P rocker only)



UL CSA 15A 250Vac, CSA 16A Non Ind 250Vac
UL CSA 250Vac 1hp, 125Vac 1/2hp
UL 85°C, file E45221, CSA file LR10990



Inrush 24A to EN61058-1 & 20A 28Vdc

μ contact gap

Technical data on pages 4 & 5 (switches), 66 (indicators)

For Twin units repeat the order details for both the right and left sides

C 5503 A L ---
 TERMINAL FUNCTION ROCKER BODY PRINT, COLOUR, VOLTAGE ETC

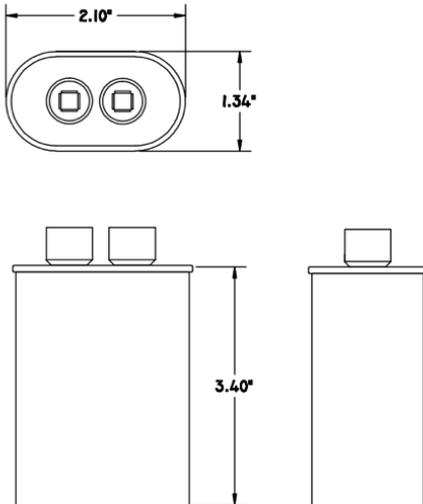
TERMINAL	FUNCTION	ROCKER
C 6.3 x 0.8	Approvals & ratings vary with function On Off Switches - ON when pressed over terminal 3 	A Softline (Matt only) Lit
H 4.8 x 0.8	5500 μ ON - OFF 	
T Solder	5503 μ preferred option ON - OFF Lit Switched neutral 	P Lit window (Matt only) Lit
	5508 μ for special applications ON - OFF Lit Unswitched neutral 	

22

tel: +44 (0)20 8979 3232 • Arcoelectric • email: info@arcoelectric.co.uk

5.8 Condensador de alto voltaje

REVISIONS				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



SPECIFICATION

CAPACITANCE: 1.1 uF +/-3%
RATED VOLTAGE: 2,100 VAC @ 50/60 HZ
OPERATING TEMPERATURE: -25°C ~ +70°C
CASE: STEEL
TERMINALS: THREE-BLADE AMP .250 QUICK-CONNECT
DIELECTRIC: COMPOSITE
DISSIPATION FACTOR: <0.35%, 50 HZ.
DIELECTRIC STRENGTH: 4.3 X RATED VOLTAGE FOR 10 SEC.

STAMPING

MOTOR-CAP
CH85-2100-115 (F)
1.1 uF +/-3%
2,100 VAC 50/60 HZ.



<p>Motor Capacitors, Inc Division of Capacitor Industries 335 Belvoir Drive Wood Dale, IL 60191</p>	<p>NET PART NUMBER CH85-2100-115 (F)</p> <p>CUSTOMER PART NUMBER -----</p>
<p>DESIGNED BY: JDGA</p> <p>APPROVED BY: LD</p>	<p>DATE DWG: 08/06/15</p> <p>SCALE: _____</p>
<p>DWG NO. _____</p>	<p>REV _____</p> <p>SHEET _____</p>

5.9 Ventilador para la impulsión del aire por la conducción

II. SPECIFICATION

1. MECHANICAL CHARACTERISTIC

MOTOR DESIGN	Brushless DC motor.
BEARING SYSTEM	Lubricated sleeve bearing system
DIMENSIONS	See Page 6
MATERIALS OF FRAME	Thermoplastic PBT of UL 94V-0
MATERIALS OF FAN BLADE	Thermoplastic PBT of UL 94V-0
DIRECTION OF ROTATION	Counter-clockwise viewed from front of fan blade
MOUNTING HOLES	Diameter 4.3 mm in 8 holes
WEIGHT	92 g

2. ELECTRIC CHARACTERISTIC

RATED VOLTAGE	12 VDC
RATED CURRENT	80 mA / Max. 92 mA
RATED POWER CONSUMPTION	0.96 WATTS / Max. 1.11 WATTS
SAFETY POWER CONSUMPTION	1.11 WATTS
OPERATING VOLTAGE RANGE	4.5~13.8 VDC
STARTING VOLTAGE	4.5 VDC (25 deg. C POWER ON/OFF)
OPERATING TEMPERATURE RANGE	-10 to + 70 deg. C
STORAGE TEMPERATURE RANGE	-40 to + 70 deg. C



DIMENSIONS			
Screw Type (Pan head)	Torque	Screw Spec	
		Size	Standard
Machine screw	3~4 Kgf-cm	M4.0	JIS B1111-1974
Self-tapping screw	5~6 Kgf-cm	φ 5.0	JIS B1122 Type 2

Note: SUNON recommends the screw and torque as above. Please contact SUNON, if any new requirement is requested.

Note: The glues on the impeller is for impeller balance. Please don't remove it.

NOTE:
 1. LEAD WIRE: UL1007 #24AWG
 RED WIRE-----(+)
 BLACK WIRE-----(-)
 2. FRAME TYPE: FLANGE

UNIT : mm

建準電機
 SUNONWEALTH
 Page 6 of 14



6. Tablas empleadas

6.1 Tabla de las propiedades del aire a 1 atm de presión

ANEXO 1: Tablas de las propiedades del aire a 1 atm de presión

ÇENGEL, Yunus A. y John M. CIMBALA, “Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones”, 1ª edición, McGraw-Hill, 2006. Tabla A-9.

Propiedades del aire a 1 atm de presión							
Temp. T, °C	Densidad ρ , kg/m ³	Calor específico c_p , J/kg · K	Conductividad térmica k, W/m · K	Difusividad térmica α , m ² /s	Viscosidad dinámica μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática ν , m ² /s	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Note: Para gases ideales, c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P distinta a 1 atm se determinan cuando se multiplican los valores de ρ a la temperatura dada por P (en atm) y cuando se dividen ν y α entre P (en atm).

Fuente: Datos generados a partir del Software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

Ilustración 9. Tabla de las propiedades del aire a 1 atm de presión.

6.2 Gráfico de Moody

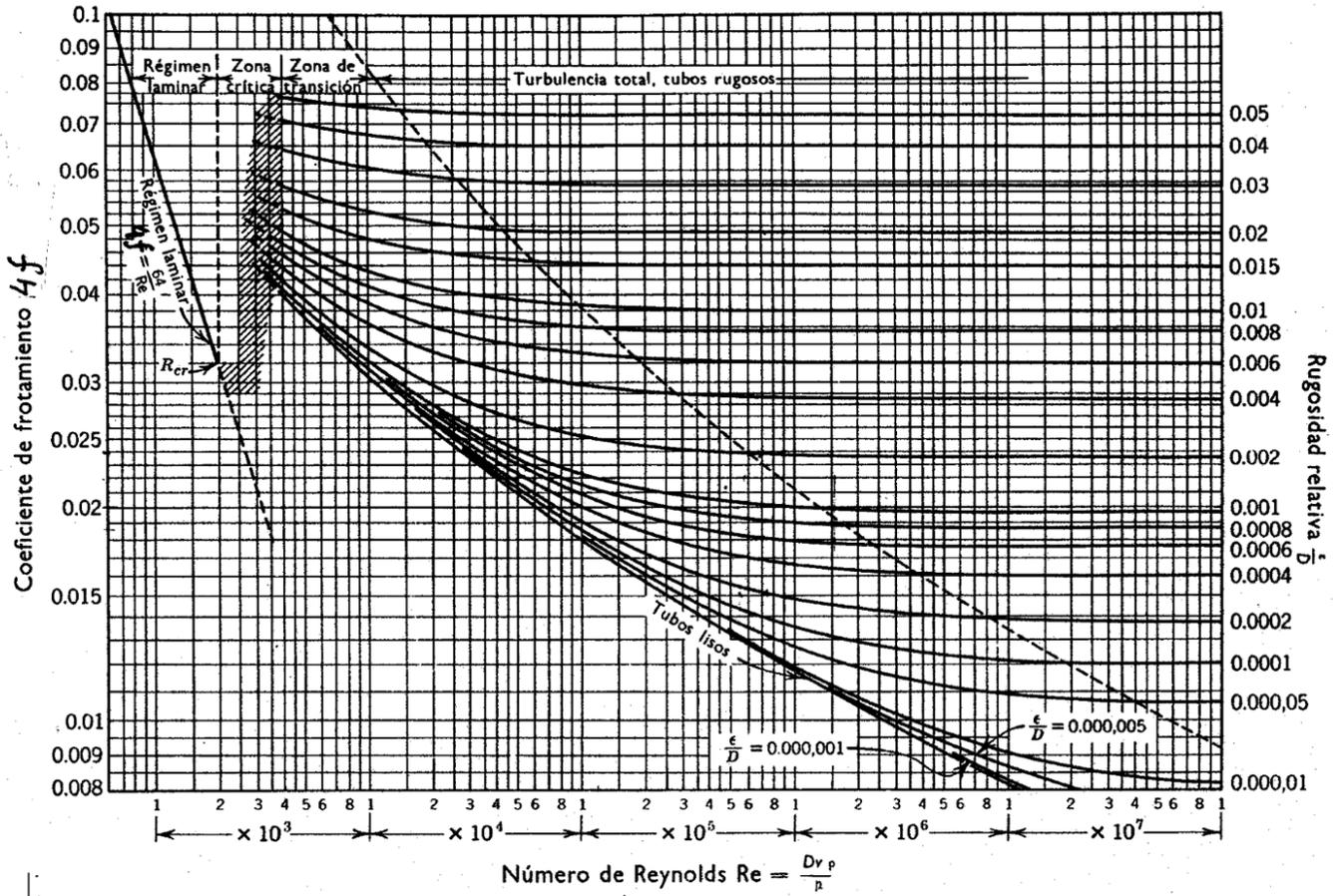


Ilustración 10. Gráfico de Moody.

6.3 Valores típicos de Coeficientes de Rugosidad

Material	Coeficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C_H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

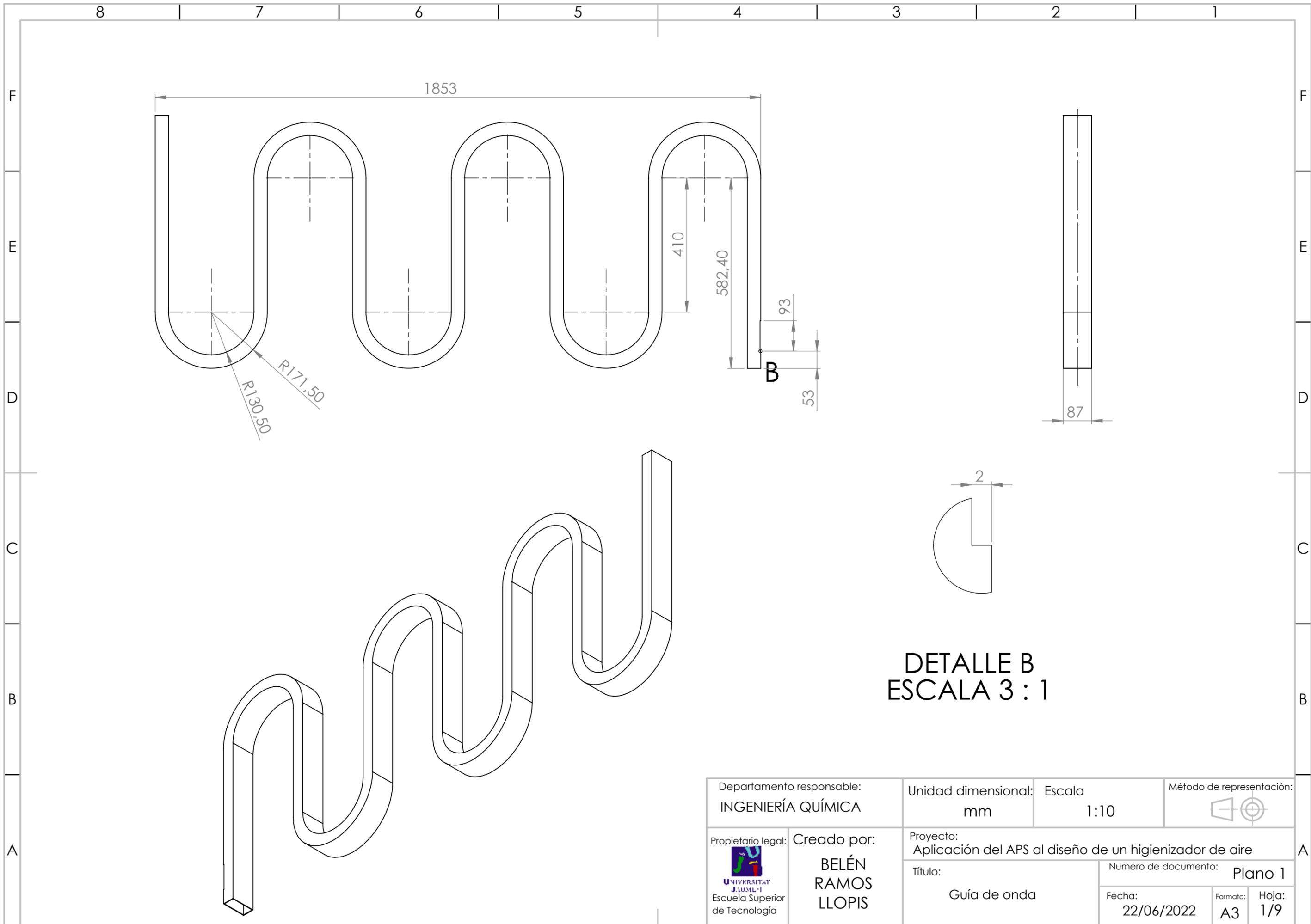
Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Ilustración 11. *Valores típicos de Coeficientes de Rugosidad.*

4. PLANOS

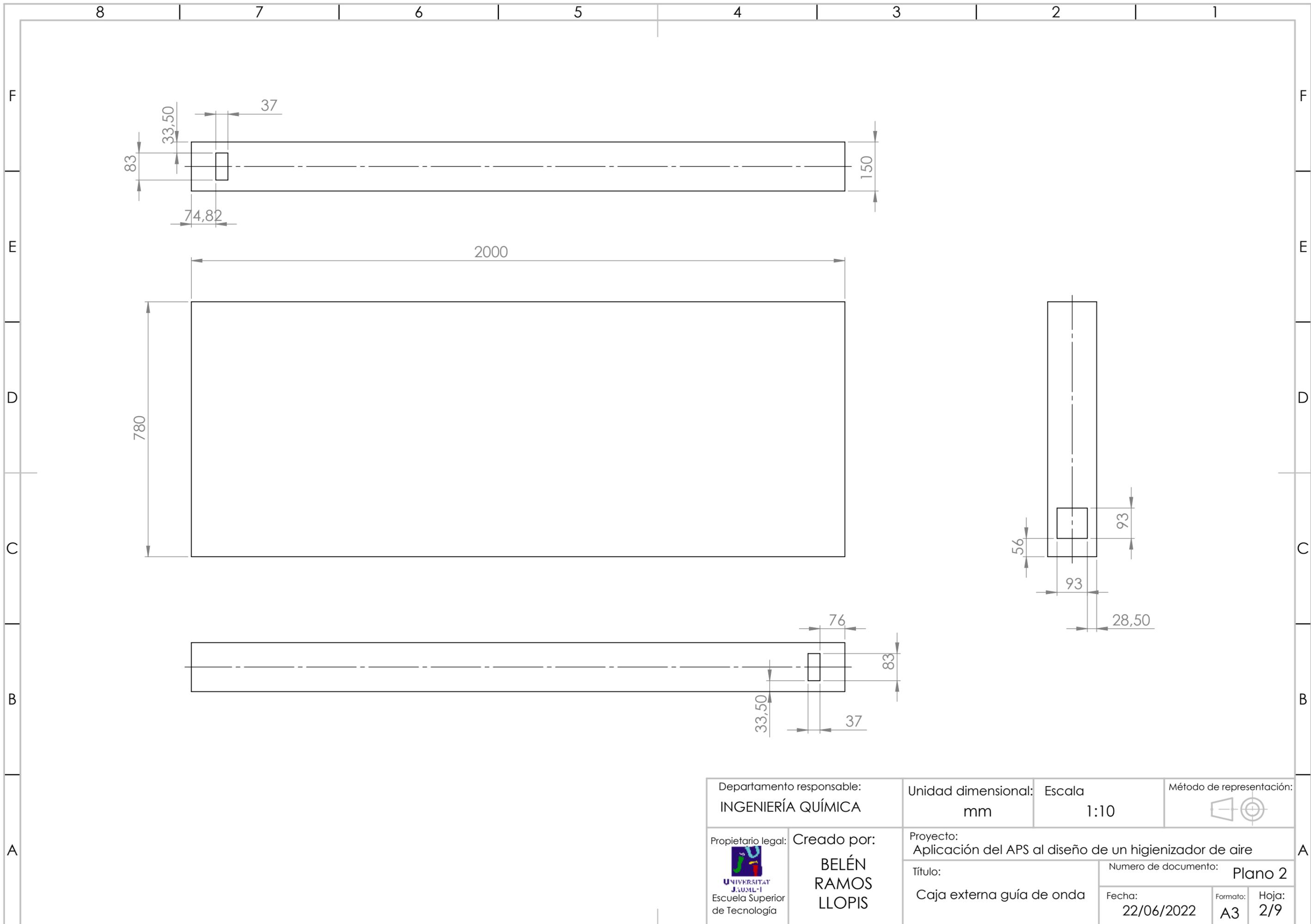
ÍNDICE PLANOS

1. Guía de onda
2. Caja externa guía de onda
3. Caja componentes eléctricos
4. Acople ventilador – guía
5. Rejilla entrada higienizador
6. Rejilla salida higienizador
7. Ensamblaje acotado
8. Ensamblaje con detalles
9. Sección del higienizador

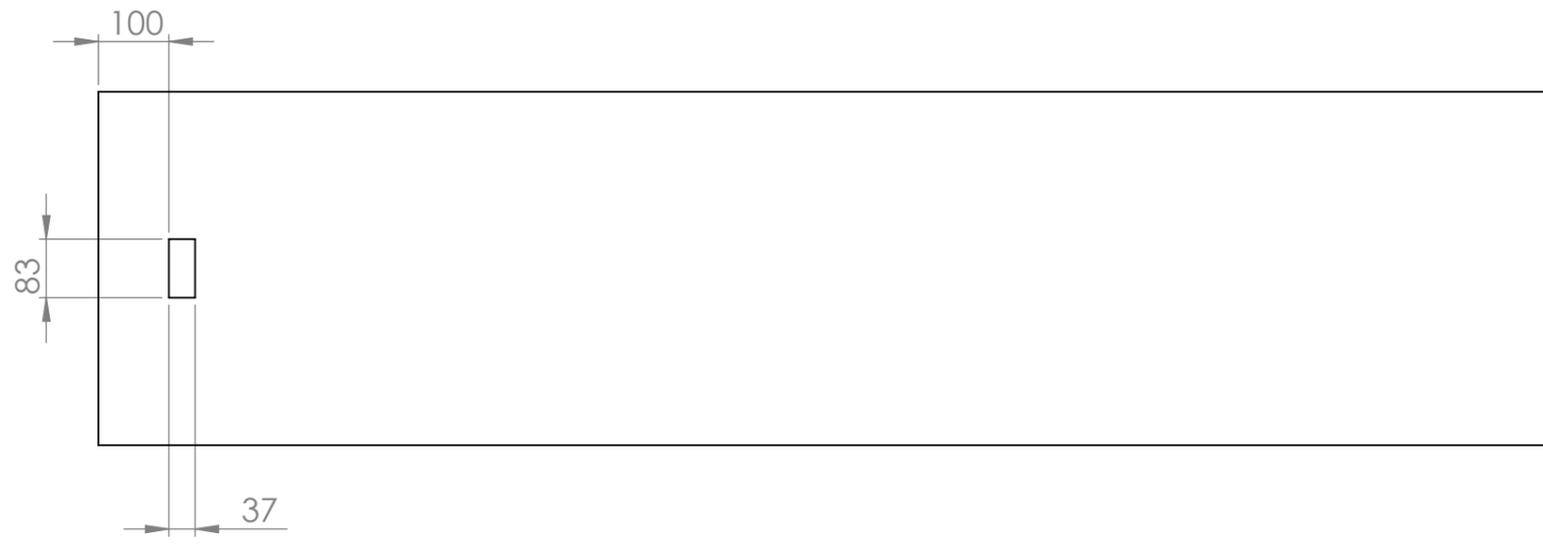
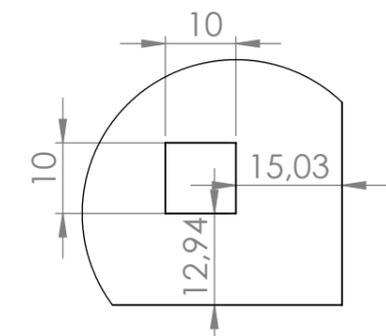
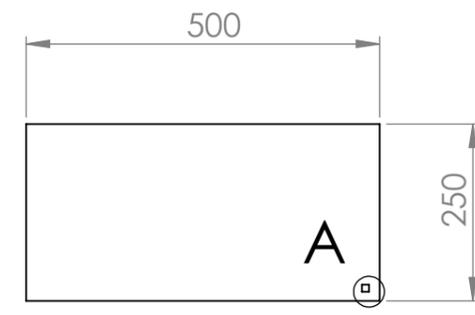
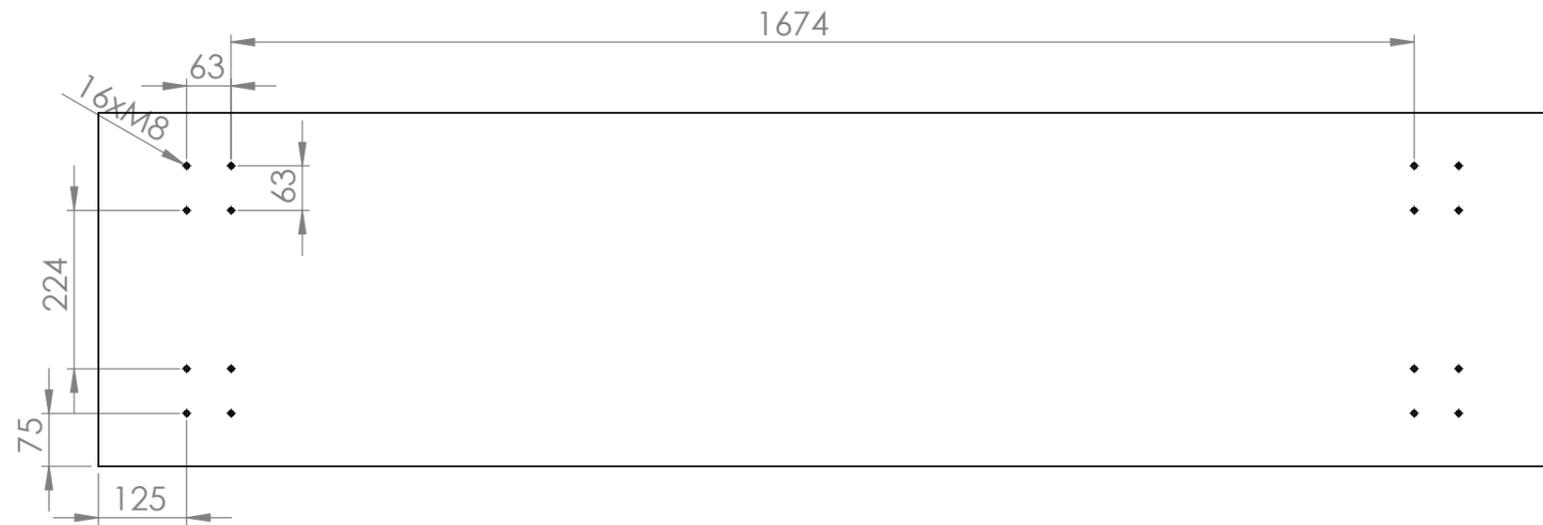
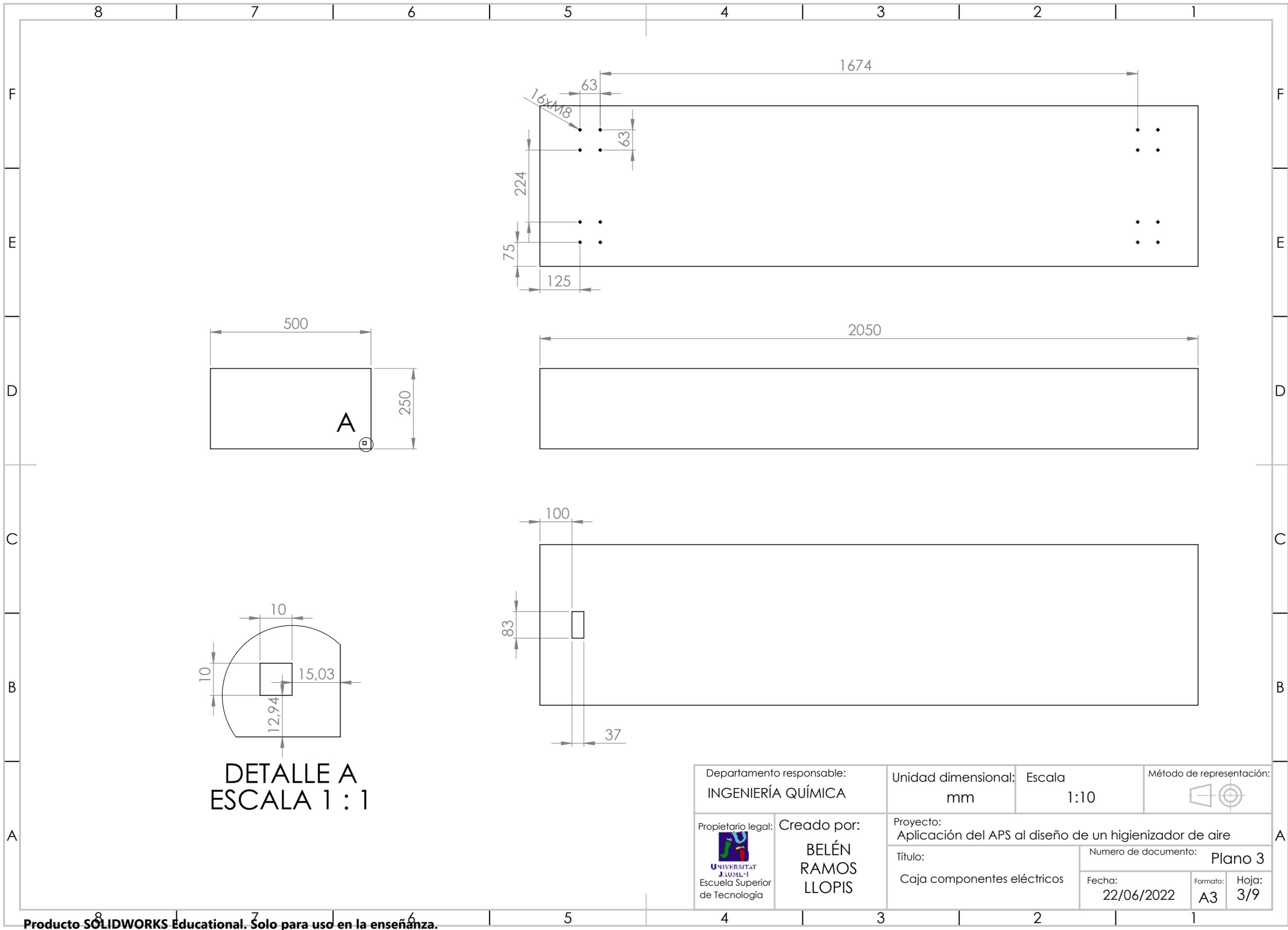


**DETALLE B
ESCALA 3 : 1**

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 1:10	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire		
		Título: Guía de onda		Numero de documento: Plano 1
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	Hoja: 1/9

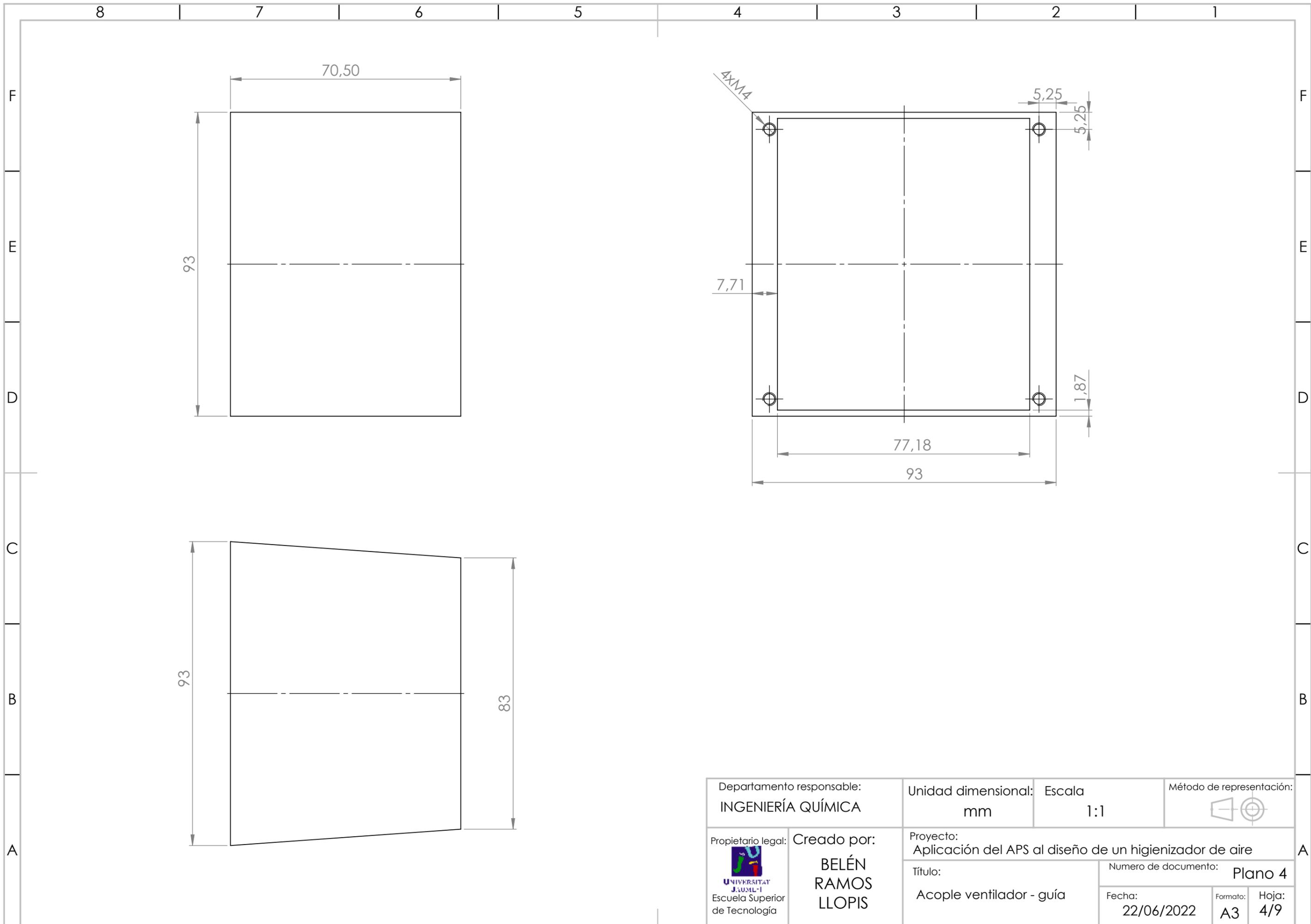


Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 1:10	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire		
Título: Caja externa guía de onda		Numero de documento: Plano 2		A
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	

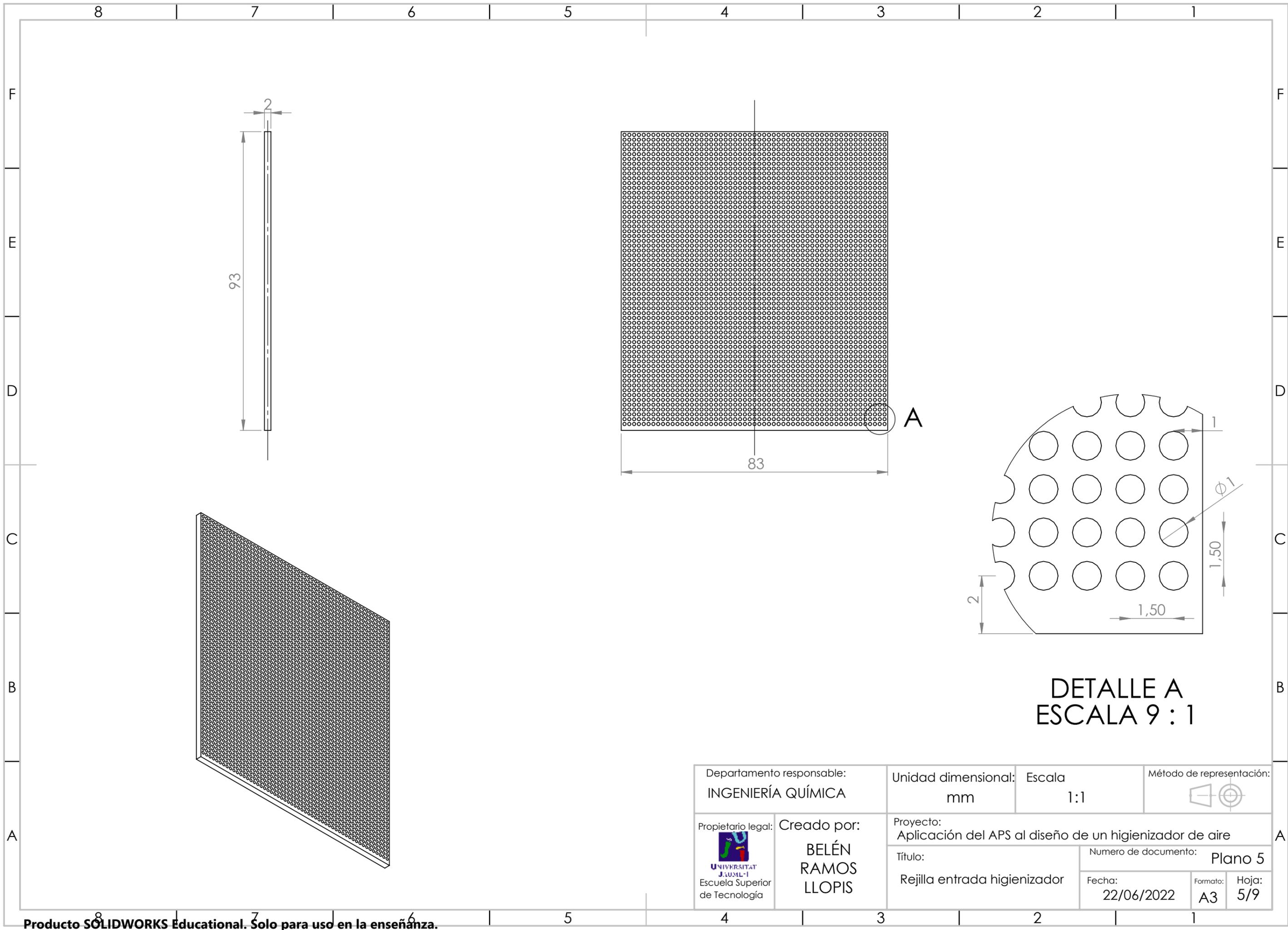


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Unidad dimensional: mm	Escala 1:10	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire	Numero de documento: Plano 3
		Título: Caja componentes eléctricos	Fecha: 22/06/2022
			Formato: A3
			Hoja: 3/9



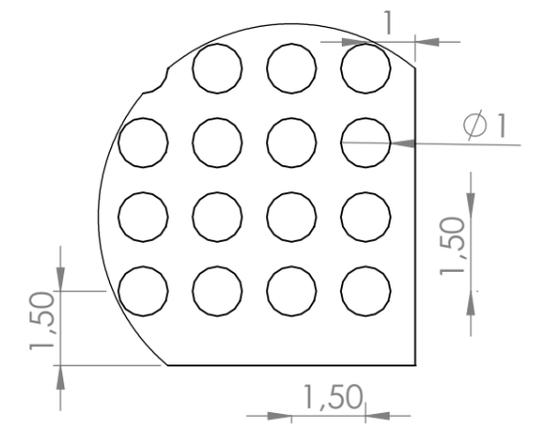
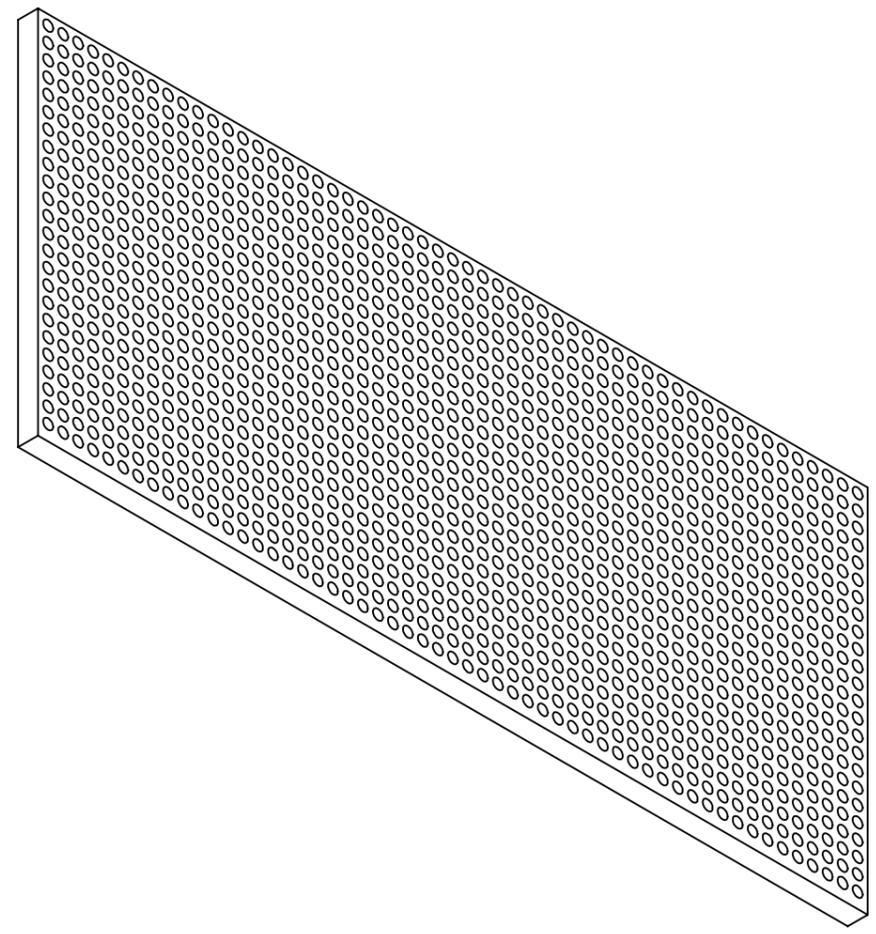
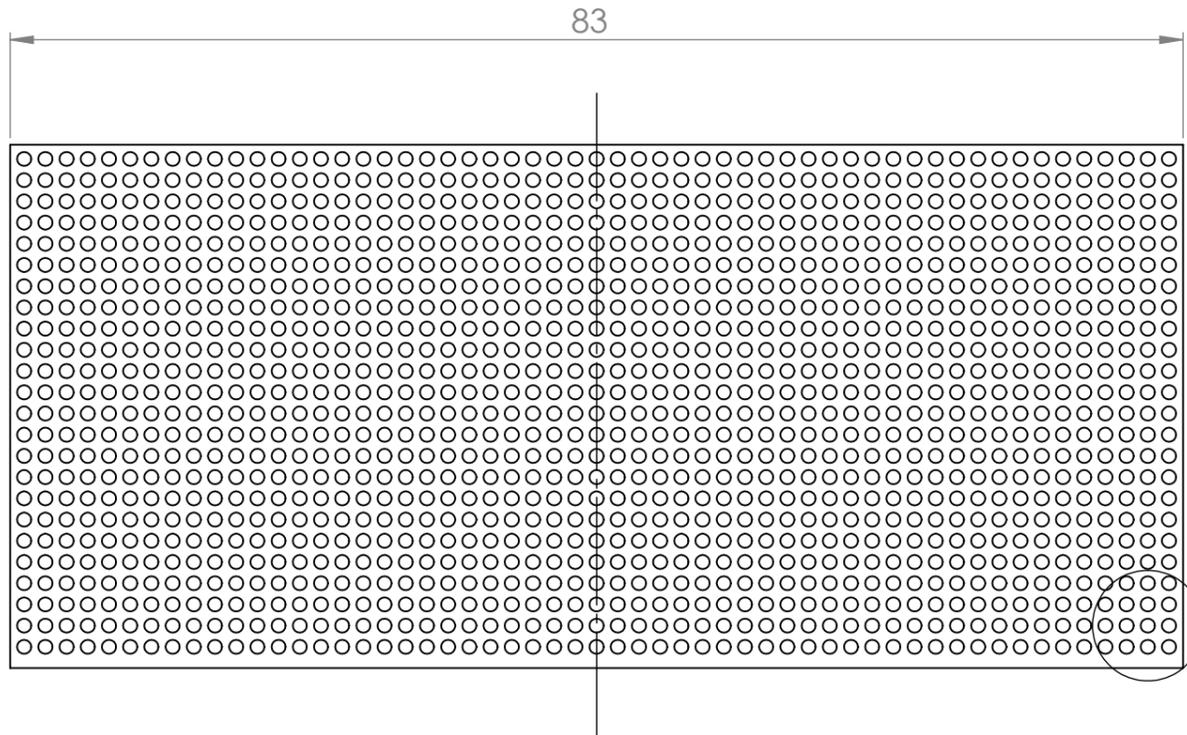
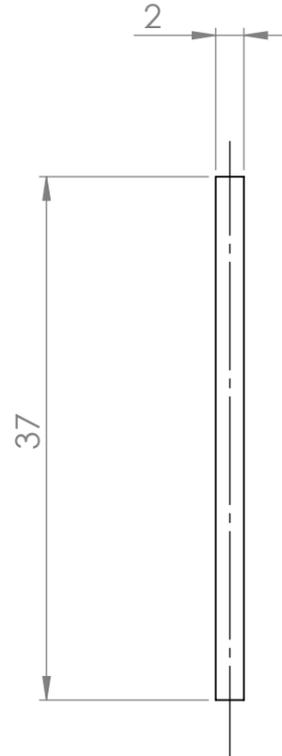
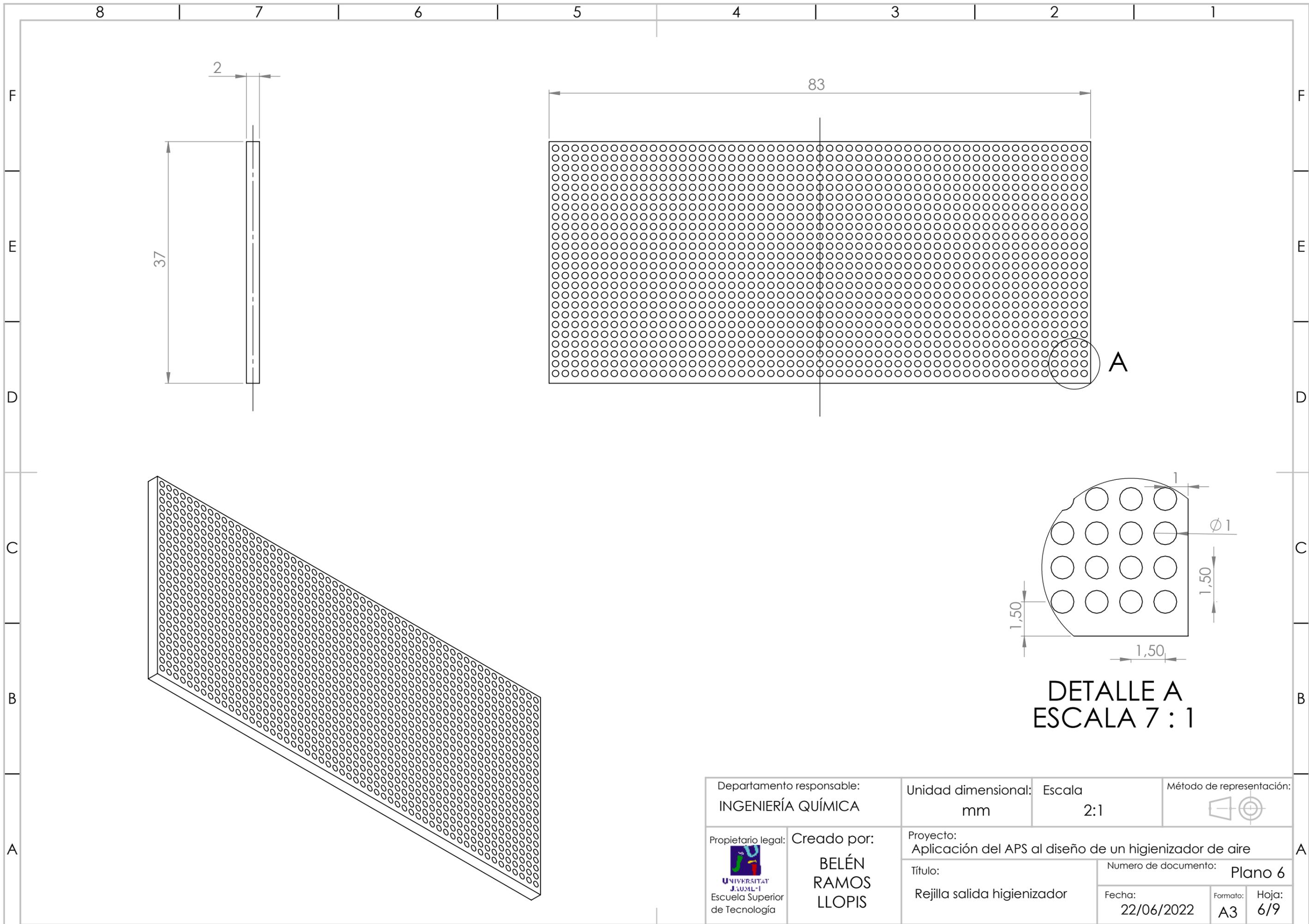
Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 1:1	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELEN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire		
		Título: Acople ventilador - guía		Numero de documento: Plano 4
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	Hoja: 4/9



A

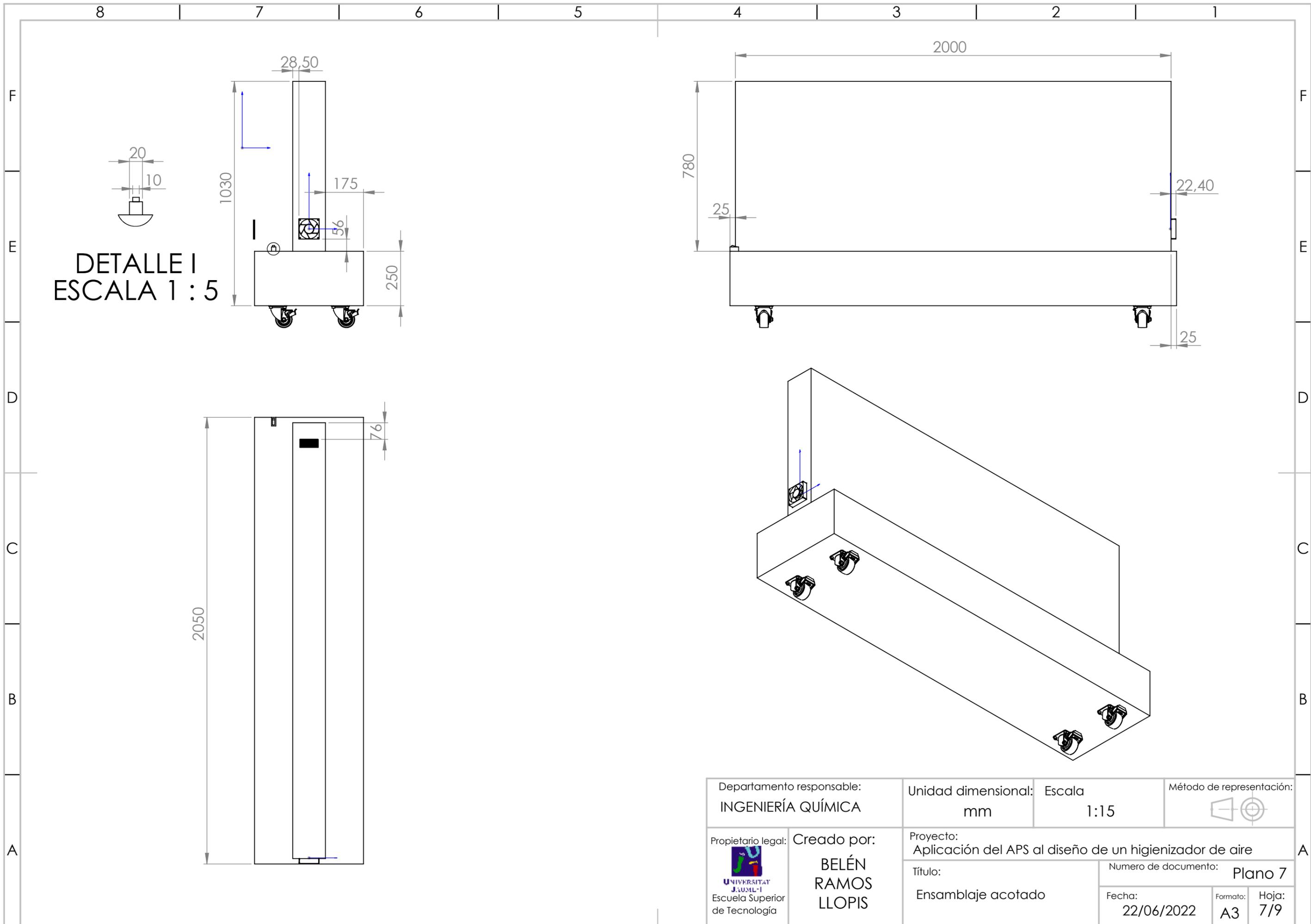
DETALLE A
ESCALA 9 : 1

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 1:1	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire		
		Título: Rejilla entrada higienizador	Numero de documento: Plano 5	
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	Hoja: 5/9



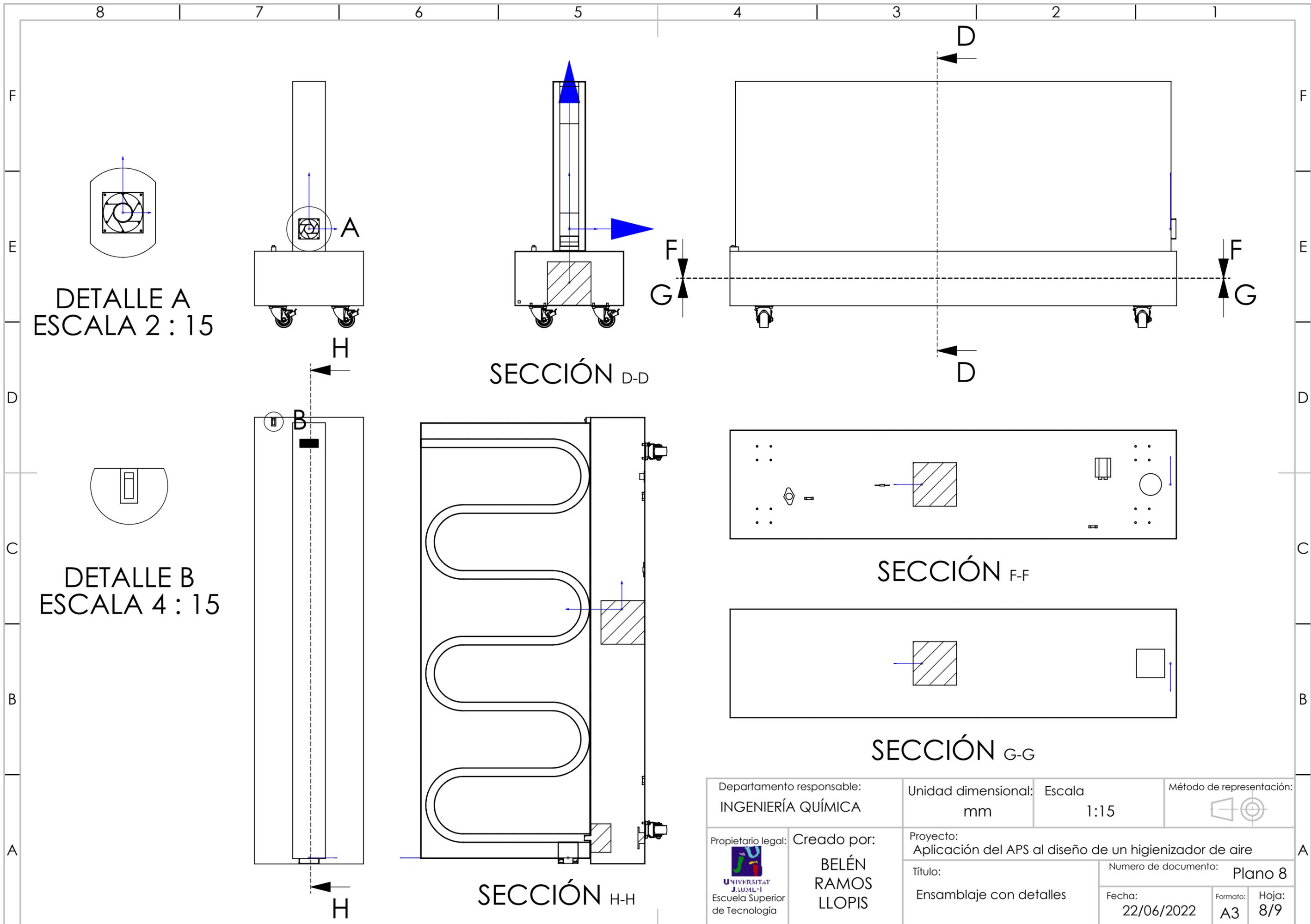
DETALLE A
ESCALA 7 : 1

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 2:1	Método de representación: 
Propietario legal:  Escuela Superior de Tecnología	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS		Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire	
	Título: Rejilla salida higienizador		Numero de documento: Plano 6	
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	Hoja: 6/9



DETALLE I
ESCALA 1 : 5

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Unidad dimensional: mm	Escala 1:15	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire	Número de documento: Plano 7
		Título: Ensamblaje acotado	
			Formato: A3
			Hoja: 7/9



DETALLE A
ESCALA 2 : 15

DETALLE B
ESCALA 4 : 15

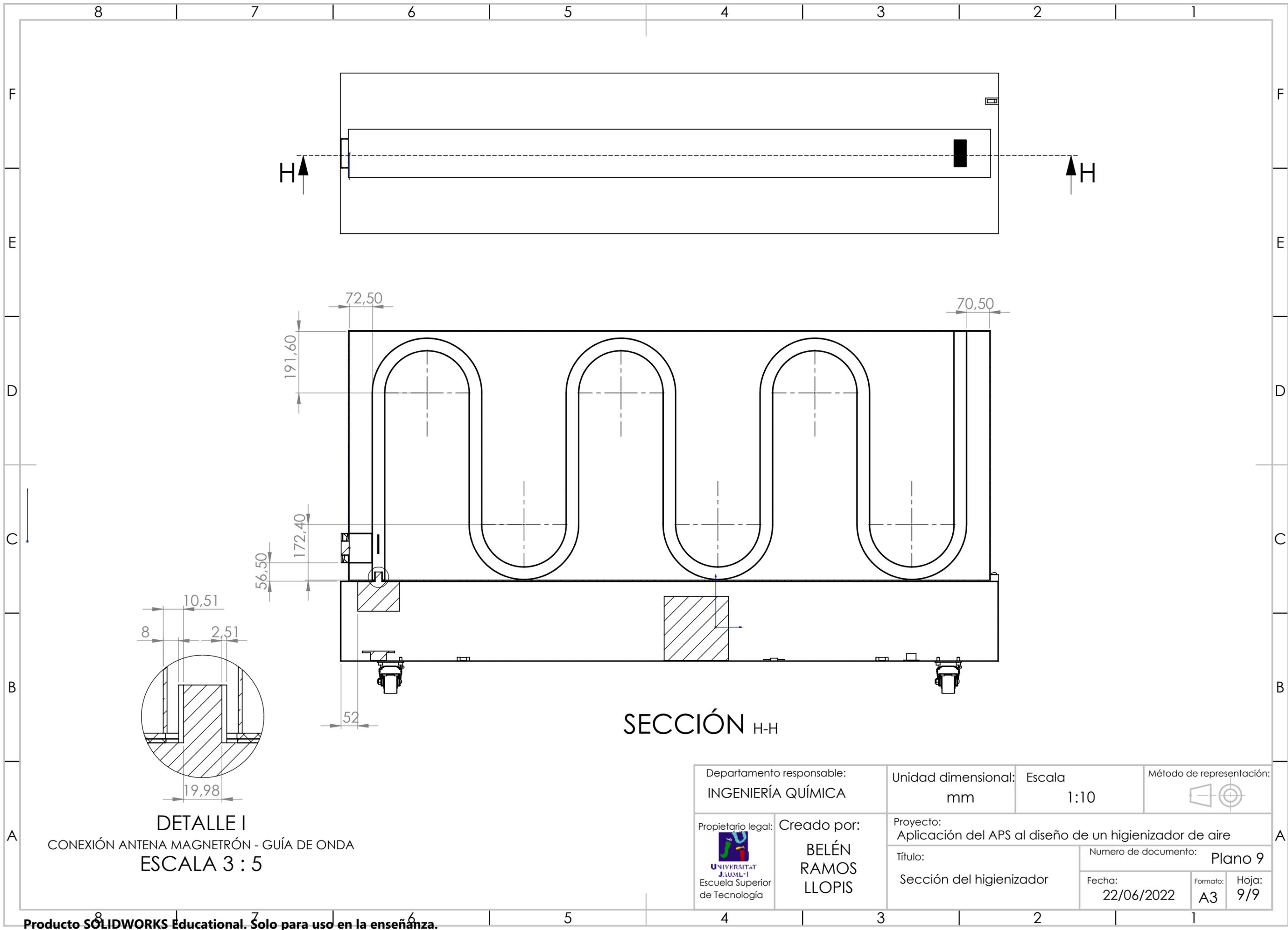
SECCIÓN D-D

SECCIÓN F-F

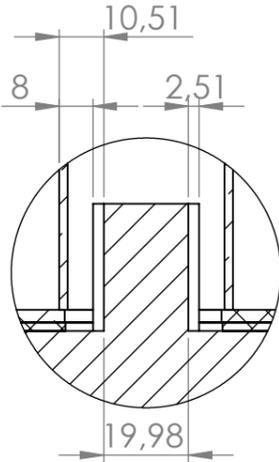
SECCIÓN G-G

SECCIÓN H-H

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA		Unidad dimensional: mm	Escala 1:15	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire		
Título: Ensamblaje con detalles		Numero de documento: Plano 8		
		Fecha: 22/06/2022	Formato: A3	Hoja: 8/9



SECCIÓN H-H



DETALLE I

CONEXIÓN ANTENA MAGNETRÓN - GUÍA DE ONDA
 ESCALA 3 : 5

Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Unidad dimensional: mm	Escala 1:10	Método de representación:
Propietario legal: 	Creado por: BELÉN RAMOS LLOPIS	Proyecto: Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire	Numero de documento: Plano 9
		Título: Sección del higienizador	
			Formato: A3
			Hoja: 9/9

5. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objetivo del Pliego de Condiciones	5
2. Condiciones generales.....	6
2.1 Condiciones legales.....	6
2.2 Condiciones facultativas	6
3. Condiciones particulares.....	8
3.1 Condiciones de los materiales seleccionados.....	8
3.2 Condiciones de la ejecución y montaje de los prototipos.....	13

1. Objetivo del Pliego de Condiciones

El objetivo del documento Pliego de Condiciones, es detallar la normativa que debe cumplirse, las especificaciones técnicas y de ejecución, además de las condiciones generales y legales en la elaboración del proyecto “Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire”.

2. Condiciones generales

2.1 Condiciones legales

Para el desarrollo del presente proyecto, el montaje, la instalación y la puesta en marcha debe cumplirse la normativa expuesta a continuación.

- UNE-EN ISO 12100:2012 - Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo.
- RD 1644/2008 - Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Directiva 2006/42/CE (R.D.1644/2008). Seguridad en las máquinas.
- Reglamento UE 2016/425. Equipos de protección individual.
- Reglamento para la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial (R.D. 2200/1995).
- Ley 54/2003 de Prevención de riesgos laborales.
- Directiva 2014/30/UE. Compatibilidad electromagnética.

2.2 Condiciones facultativas

El siguiente apartado consiste en tener en cuenta la titulación (como mínimo) que los operarios encargados de fabricar o diseñar la máquina deben poseer.

- Técnico en Mantenimiento Industrial
- Técnico en Mecánica Industrial
- Técnico en Electricidad
- Técnico Superior de Desarrollo de Proyectos
- Técnico en Soldadura Industrial
- Técnico en Mecanizado
- Técnico en Prevención de Riesgos

Además, existe una serie de requisitos que deben cumplirse:

- Los trabajos relacionados con el montaje y la ejecución del prototipo deben realizarse de acuerdo con la memoria y planos detallados en el proyecto

- La empresa contratada para la fabricación de las piezas diseñadas debe fabricarlas correctamente, preguntando al autor del proyecto o al ingeniero técnico a cargo del mismo en caso de que sea necesario
- Tanto el encargado como el jefe de montaje deben encargarse de que el montaje de la máquina se realice correctamente
- El autor del proyecto o en su defecto, un técnico designado por el mismo, tienen derecho a realizar las pruebas, ensayos y cambios que consideren oportuno para alcanzar el correcto funcionamiento del prototipo final
- El purificador de aire diseñado tiene un plazo de garantía de 2 años

3. Condiciones particulares

3.1 Condiciones de los materiales seleccionados

Los materiales para las piezas de elaboración propia se han seleccionado en función de las características y el coste de los mismos.

Por otro lado, los materiales de los componentes comerciales están detallados por los propios fabricantes.

Así pues, los materiales empleados en las piezas de elaboración propia son:

- Cobre
- Aluminio serie EN AW-1050A.

Las Ilustraciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 recogen aspectos como las propiedades mecánicas de los materiales, sus tolerancias, así como la aleación de aluminio seleccionada.

- Cobre

Chapa de cobre / Características mecánicas



CHAPA PARA USOS GENERALES

Designaciones		Espesor nominal		Resistencia a tracción R_m		Límite convencional de elasticidad del 0,2% $R_{p0.2}$	Alargamiento		Dureza HV		Tamaño de grano		
Material	Estado metalúrgico	mm		N/mm ²			$A_{0.2mm}$ para espesores hasta 2,5 mm incluido	A para espesores mayores de 2,5mm	mín.	máx.	mín.	máx.	
Simbólica	Númérica	desde	hasta incluido	mín.	máx.	N/mm ²	% mín.	% mín.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Cu-ETP Cu-FRTP Cu-OF Cu-DLP Cu-DHP	CW004A CW006A CW008A CW023A CW024A	R200	mayor de 5		200	250	(máx. 100)	-	42	-	-	-	-
		H040			-	-	-	-	-	40	65	-	-
		R220	0,2	5	220	260	(máx.140)	33	42	-	-	-	-
		H040			-	-	-	-	-	40	65	-	-
		R240	0,2	15	240	300	(mín. 180)	8	16	-	-	-	-
		H065			-	-	-	-	-	65	95	-	-
		R290	0,2	15	290	360	(mín. 250)	4	6	-	-	-	-
		H090			-	-	-	-	-	90	110	-	-
		R360	0,2	2	360	-	(mín. 320)	2	-	-	-	-	-
		H110			-	-	-	-	-	110	-	-	-

Ilustración 1. Propiedades mecánicas del cobre.

LAMINADOS DE COBRE

COPPER ROLLED PRODUCTS / LAMINADOS DE COBRE / LAMINES EN CUIVRE

CHAPA Y CINTA DE USOS GENERALES

SHEET AND STRIP FOR GENERAL PURPOSES / CHAPA E FITA DE USOS GERAIS
TOLE ET BANDE POUR UTILISATION STANDARD

Chapa: Medidas: Espesores de 0,5 a 100 mm. Cinta o banda laminada de cobre en rollos. Medidas: Espesores de 0,1 a 6 mm.

Copper sheets. Sizes: Thicknesses 0.5 to 100 mm. Tape or laminated copper strip. Sizes: Thicknesses 0.1 to 6 mm.

Chapa: Medidas: Espessuras de 0,5 a 100 mm. Fita ou chapa laminada de cobre em rolos. Medidas: Espessuras de 0,1 a 6 mm.

Tôles en cuivre. Mesures: Épaisseurs de 0,5 à 100 mm. Feuillard ou bande laminée de cuivre en rouleaux. Mesures: Épaisseurs de 0,1 à 6 mm.

TOLERANCIAS EN ESPESOR DE PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO / THICKNESS TOLERANCES IN COLD ROLLED PRODUCTS

TOLERÂNCIAS NAS ESPESSURAS DE PRODUTOS LAMINADOS A FRIO / TOLERANCES EN EPAISSEUR DES PRODUITS LAMINES A FROID

Espesor nominal Nominal thickness Espessura nominal Épaisseur nominale		Tolerancia de espesor para anchuras nominales Tolerance on nominal thickness to width Tolerância em espessura para larguras nominais Tolérance en épaisseur pour largeurs nominales			
Mayor que Over Maior que Supérieur à	Hasta incluido Up to and including Até inclusive Jusqu'à inclus	Hasta 350 incluido To 350 included Até 350 inclusive Jusqu'à 350 inclus	Mayor que 350 hasta 700 incluido Over 350 to 700 included Superior a 350 até 700 inclusive Supérieur à 350 à 700 inclus	Mayor que 700 hasta 1000 incluido Over 700 to 1000 included Superior a 700 até 1000 inclusive Supérieur à 700 à 1000 inclus	Mayor que 1000 hasta 1250 incluido Over 1000 to 1250 included Superior a 1000 até 1250 inclusive Supérieur à 1000 à 1250 inclus
0,1	0,2	± 0,018	-	-	-
0,2	0,3	± 0,022	± 0,03	± 0,04	-
0,3	0,4	± 0,025	± 0,04	± 0,05	± 0,07
0,4	0,5	± 0,03	± 0,05	± 0,06	± 0,08
0,5	0,8	± 0,04	± 0,06	± 0,07	± 0,09
0,8	1,2	± 0,05	± 0,07	± 0,09	± 0,10
1,2	1,8	± 0,06	± 0,08	± 0,10	± 0,11
1,8	2,5	± 0,07	± 0,09	± 0,11	± 0,13
2,5	3,2	± 0,08	± 0,10	± 0,13	± 0,17
3,2	4,0	± 0,10	± 0,12	± 0,15	± 0,20
4,0	5,0	± 0,12	± 0,14	± 0,17	± 0,23
5,0	6,0	± 0,14	± 0,16	± 0,20	± 0,26
6,0	7,0	± 0,16	± 0,19	± 0,23	± 0,29
7,0	8,0	± 0,18	± 0,22	± 0,26	± 0,32
8,0	9,0	± 0,20	± 0,25	± 0,29	± 0,35
9,0	10,0	± 0,22	± 0,28	± 0,32	± 0,38

TOLERANCIAS EN ESPESOR DE PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE / THICKNESS TOLERANCES IN HOT ROLLED PRODUCTS

TOLERÂNCIAS NAS ESPESSURAS DE PRODUTOS LAMINADOS A QUENTE / TOLERANCES EN EPAISSEUR DES PRODUITS LAMINES A CHAUD

Espesor nominal Nominal thickness Espessura nominal Épaisseur nominale		Tolerancia de espesor para anchuras nominales Tolerance on nominal thickness to width Tolerância em espessura para larguras nominais Tolérance en épaisseur pour largeurs nominales						
Mayor que Over Maior que Supérieur à	Hasta incluido Up to and including Até inclusive Jusqu'à inclus	Hasta 700 incluido / To 700 included Até 700 inclusive / Jusqu'à 700 inclus		Mayor que 700 hasta 1000 incluido Over 700 to 1000 included Superior a 700 até 1000 inclusive Supérieur à 700 à 1000 inclus		Mayor que 1000 hasta 1500 incluido Over 1000 to 1500 included Superior a 1000 até 1500 inclusive Supérieur à 1000 à 1500 inclus		Mayor que 1500 Over 1500 Maior que 1500 Supérieur à 1500
		1)	2)	1)	2)	1)	2)	
-	2,5	Por acuerdo / In accordance Em conformidade / Conformément		Por acuerdo / In accordance Em conformidade / Conformément		Por acuerdo / In accordance Em conformidade / Conformément		Por acuerdo In accordance Em conformidade Conformément
2,5	5,0	± 0,25	± 0,30	± 0,30	± 0,35	± 0,35	± 0,45	
5,0	7,5	± 0,35	± 0,45	± 0,40	± 0,50	± 0,45	± 0,55	
7,5	10	± 0,45	± 0,60	± 0,50	± 0,65	± 0,55	± 0,75	
10	15	± 0,75	± 0,95	± 0,80	± 1,00	± 0,90	± 1,10	
15	25	± 0,95	± 1,20	± 1,05	± 1,30	± 1,30	± 1,60	
25	50	± 1,30	± 1,60	± 1,40	± 1,75	± 1,50	± 1,90	
50	-	± 1,50	± 1,90	± 1,65	± 2,05	± 1,80	± 2,20	

Ilustración 2. Tolerancias en espesor de productos laminados en frío y caliente.

APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE UN HIGIENIZADOR DE AIRE

- Aluminio



Aluminium Al
Producto formato: Laminado
Características técnicas: Chapas y bandas de Aluminium laminado

ALEACIONES DE ALUMINIUM SERIE 1000

Designación de la aleación		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Notas	Otros ^A		Aluminium
Númerica	Simbólica													Cada	Total ^B	mín.
EN AW-1050A	EN AW-Al 99,5	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	-	-	0,07	0,05	-	-	-	0,03	-	99,50 ^C
EN AW-1060	EN AW-Al 99,6	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	-	-	0,05	0,03	-	0,05	-	0,03	-	99,60 ^C
EN AW-1070A	EN AW-Al 99,7	0,20	0,25	0,03	0,03	0,03	-	-	0,07	0,03	-	-	-	0,03	-	99,70 ^D
EN AW-1080A	EN AW-Al 99,8(A)	0,15	0,15	0,03	0,02	0,02	-	-	0,06	0,02	0,03	-	-	0,02	-	99,80 ^D
EN AW-1085	EN AW-Al 99,85	0,10	0,12	0,03	0,02	0,02	-	-	0,03	0,02	0,03	0,05	-	0,01	-	99,85 ^D
EN AW-1090	EN AW-Al 99,90	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01	-	-	0,03	0,01	0,03	0,05	-	0,01	-	99,90 ^D
EN AW-1098	EN AW-Al 99,98	0,01	0,006	0,003	-	-	-	-	0,015	0,003	-	-	-	0,003	-	99,98 ^D
EN AW-1100	EN AW-Al 99,0Cu	0,95 Si + Fe	0,05-0,20	0,05	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	0,05	0,15	99,00 ^D
EN AW-1110	EN AW-Al 99,1	0,30	0,80	0,04	0,01	0,25	0,01	-	-	-	-	-	0,02B;0,03V+Ti	0,03	0,15	99,10 ^D
EN AW-1198	EN AW-Al 99,98(A)	0,01	0,006	0,006	0,006	-	-	-	0,01	0,006	0,006	-	-	0,003	-	99,98 ^D
EN AW-1199	EN AW-Al 99,99	0,006	0,006	0,006	0,002	0,006	-	-	0,006	0,002	0,005	0,005	-	0,002	-	99,99 ^D
EN AW-1200	EN AW-Al 99,0	1,00 Si + Fe	0,05	0,05	-	-	-	-	0,10	0,05	-	-	-	0,05	0,15	99,00 ^D
EN AW-1200A	EN AW-Al 99,0(A)	1,00 Si + Fe	0,10	0,30	0,30	0,10	-	-	0,10	-	-	-	-	0,05	0,15	99,00 ^D
EN AW-1235	EN AW-Al 99,35	0,65 Si + Fe	0,05	0,05	0,05	-	-	-	0,10	0,06	-	0,05	-	0,03	-	99,35 ^D
EN AW-1350	EN AW-Al 99,5	0,10	0,40	0,05	0,01	-	0,01	-	0,05	-	0,03	-	0,05B;0,02V+Ti	0,03	0,10	99,50 ^D
EN AW-1350A	EN AW-Al 99,5(A)	0,25	0,40	0,02	-	0,05	-	-	0,05	-	-	-	0,03Cr+Mn+Ti+V	0,03	-	99,50 ^D
EN AW-1370	EN AW-Al 99,7	0,10	0,25	0,02	0,01	0,02	0,01	-	0,04	-	0,03	-	0,02B;0,02V+Ti	0,02	0,10	99,70 ^D
EN AW-1450	EN AW-Al 99,5Ti	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	-	-	0,07	0,10-0,20	-	-	-	0,03	-	99,50 ^D

^A "Otros" incluye los elementos citados para los que no se ha indicado un límite específico, así como los elementos metálicos no citados. El fabricante puede analizar muestras en busca de trazas de elementos no especificados en el registro o especificación. Sin embargo tales análisis no se requieren y pueden no cubrir todos los elementos presentes en "Otros". Si un análisis del fabricante o el comprador establece que un elemento de "Otros" supera el límite de "Cada" o que el agregado de varios elementos de "Otros" supera el límite de "Total", el material debe considerarse no conforme.

^B La suma de "Otros" elementos metálicos cuyos contenidos son, cada uno, mayores o iguales que 0.010% expresado con dos cifras decimales antes de efectuar la suma.

^C El contenido de Aluminium para el no aleado que no se obtiene por un procedimiento de refinado es igual en la diferencia entre 100,00% y la suma de todos los demás elementos metálicos presentes en cantidades iguales o superiores a 0,0010% cada uno, expresando cada sumando en dos cifras decimales antes de la suma.

^D El contenido de Aluminium para el no aleado que se obtiene por un procedimiento de refinado es igual en la diferencia entre 100,00% y la suma de todos los demás elementos metálicos presentes en cantidades iguales o superiores a 0.0010% cada uno, expresando cada sumando con tres cifras decimales, redondeando el resultado de la citada suma a dos cifras decimales antes de proceder a la sustracción.

^E 0.0003 máx. Be para electrodo y varilla de soldo y alambre de aporte solamente.

Ilustración 3. Aleaciones de Aluminium Serie 1000.



Aluminium Al
Producto formato: Laminado
Características técnicas: Chapas y bandas de Aluminium laminado

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

ALUMINIUM: EN AW-1050A [Al 99,5]

Estado de tratamiento	Espesor nominal		Resistencia a tracción		Límite elástico		Alargamiento		Radio de doblado		Dureza HBW
	mm		R _m MPa		R _{p0,2} MPa		mín. %		180°	90°	
	desde	hasta	mín.	máx.	mín.	máx.	A _{50 mm}	A			
F	≥ 2,5	150	60								
	0,2	0,5	65	95	20		20		0 t	0 t	20
O	0,5	1,5	65	95	20		22		0 t	0 t	20
	1,5	3,0	65	95	20		26		0 t	0 t	20
	3,0	6,0	65	95	20		29		0,5 t	0,5 t	20
	6,0	12,5	65	95	20		35		1,0 t	1,0 t	20
	12,5	80	65	95	20			32			20
H111	0,2	0,5	65	95	20		20		0 t	0 t	20
	0,5	1,5	65	95	20		22		0 t	0 t	20
	1,5	3,0	65	95	20		26		0 t	0 t	20
	3,0	6,0	65	95	20		29		0,5 t	0,5 t	20
	6,0	12,5	65	95	20		35		1,0 t	1,0 t	20
H112	≥ 6	12,5	75		30		20				23
	12,5	80	70		25			20			22
H12	0,2	0,5	85	125	65		2		0,5 t	0 t	28
	0,5	1,5	85	125	65		4		0,5 t	0 t	28
	1,5	3,0	85	125	65		5		0,5 t	0,5 t	28
	3,0	6,0	85	125	65		7		1,0 t	1,0 t	28
	6,0	12,5	85	125	65		9			2,0 t	28
H14	12,5	40	85	125	65			9			28
	0,2	0,5	105	145	85		2		1,0 t	0 t	34
	0,5	1,5	105	145	85		2		1,0 t	0,5 t	34
	1,5	3,0	105	145	85		4		1,0 t	1,0 t	34
	3,0	6,0	105	145	85		5			1,5 t	34
H16	6,0	12,5	105	145	85		6			2,5 t	34
	12,5	25	105	145	85			6			34
	0,2	0,5	120	160	100		1			0,5 t	39
	0,5	1,5	120	160	100		2			1,0 t	39
	1,5	4,0	120	160	100		3			1,5 t	39

Ilustración 4. Características mecánicas Aluminio I.

APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE UN HIGIENIZADOR DE AIRE



Estado de tratamiento	Espesor nominal		Resistencia a tracción		Límite elástico		Alargamiento		Radio de doblado		Dureza HBW
	mm		R _m MPa		R _{p0.2} MPa		mín. %				
	desde	hasta	mín.	máx.	mín.	máx.	A _{50 mm}	A	180°	90°	
H18	0,2	0,5	135		120		1			1,0 t	42
	0,5	1,5	140		120		2			2,0 t	42
	1,5	3,0	140		120		2			3,0 t	42
H19	0,2	0,5	155		140		1				45
	0,5	1,5	150		130		1				45
	1,5	3,0	150		130		1				45
H22	0,2	0,5	85	125	55		4		0,5 t	0 t	27
	0,5	1,5	85	125	55		5		0,5 t	0 t	27
	1,5	3,0	85	125	55		6		0,5 t	0,5 t	27
	3,0	6,0	85	125	55		11		1,0 t	1,0 t	27
	6,0	12,5	85	125	55		12			2,0 t	27
H24	0,2	0,5	105	145	75		3		1,0 t	0 t	33
	0,5	1,5	105	145	75		4		1,0 t	0,5 t	33
	1,5	3,0	105	145	75		5		1,0 t	1,0 t	33
	3,0	6,0	105	145	75		8		1,5 t	1,5 t	33
	6,0	12,5	105	145	75		8			2,5 t	33
H26	0,2	0,5	120	160	90		2			0,5 t	38
	0,5	1,5	120	160	90		3			1,0 t	38
	1,5	4,0	120	160	90		4			1,5 t	38
H28	0,2	0,5	140		110		2			1,0 t	41
	0,5	1,5	140		110		2			2,0 t	41
	1,5	3,0	140		110		3			3,0 t	41

Ilustración 5. Características mecánicas Aluminio 1050A II.



TOLERANCIAS EN ESPESOR - CALIENTE

Espesor específico		Grenzabmaße für die Dicke für Breiten (Nennmaße)				
por encima de	hasta e inclusive	hasta 1250 inclusive	por encima de 1250 hasta 1600 inclusive	por encima de 1600 hasta 2000 inclusive	por encima de 2000 hasta 2500 inclusive	por encima de 2500 hasta 3500 inclusive
≥ 2,5	4	± 0,28	± 0,28	± 0,32	± 0,35	± 0,40
4	5	± 0,30	± 0,30	± 0,35	± 0,40	± 0,45
5	6	± 0,32	± 0,32	± 0,40	± 0,45	± 0,50
6	8	± 0,35	± 0,40	± 0,40	± 0,50	± 0,55
8	10	± 0,45	± 0,50	± 0,50	± 0,55	± 0,60
10	15	± 0,50	± 0,60	± 0,65	± 0,65	± 0,80
15	20	± 0,60	± 0,70	± 0,75	± 0,80	± 0,90
20	30	± 0,65	± 0,75	± 0,85	± 0,90	± 1,0
30	40	± 0,75	± 0,85	± 1,0	± 1,1	± 1,2
40	50	± 0,90	± 1,0	± 1,1	± 1,2	± 1,5
50	60	± 1,1	± 1,2	± 1,4	± 1,5	± 1,7
60	80	± 1,4	± 1,5	± 1,7	± 1,9	± 2,0
80	100	± 1,7	± 1,8	± 1,9	± 2,1	± 2,2
100	150	± 2,2	± 2,2	± 2,7	± 2,8	-
150	200	± 2,8	± 2,8	± 3,3	± 3,3	-

Ilustración 6. Tolerancias en espesor en caliente.

APLICACIÓN DEL APS AL DISEÑO DE UN HIGIENIZADOR DE AIRE



Aluminium Al
 Producto formato: Laminado
 Características técnicas: Chapas y bandas de Aluminium laminado

TOLERANCIAS EN ESPESOR - FRÍO

Grenzabmaße für die Dicke für Breiten (Nennmaße)															
Espesor específico		hasta 1000 inclusive		por encima de 1000 hasta 1250 inclusive		por encima de 1250 hasta 1600 inclusive		por encima de 1600 hasta 2000 inclusive		por encima de 2000 hasta 2500 inclusive		por encima de 2500 hasta 3000 inclusive		por encima de 3000 hasta 3500 inclusive	
por encima de	hasta e inclusive	Grupo Alloy		Grupo Alloy		Grupo Alloy		Grupo Alloy		Grupo Alloy		Grupo Alloy		Grupo Alloy	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,2	0,4	± 0,02	± 0,03	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,5	± 0,03	± 0,03	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07	± 0,10	-	-	-	-	-
0,5	0,6	± 0,03	± 0,04	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,11	-	-	-	-	-
0,6	0,8	± 0,03	± 0,04	± 0,06	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,08	± 0,09	± 0,12	-	-	-	-	-
0,8	1,0	± 0,04	± 0,05	± 0,06	± 0,08	± 0,08	± 0,09	± 0,09	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
1,0	1,2	± 0,04	± 0,05	± 0,07	± 0,09	± 0,09	± 0,10	± 0,10	± 0,12	± 0,14	-	-	-	-	-
1,2	1,5	± 0,05	± 0,07	± 0,09	± 0,11	± 0,10	± 0,12	± 0,11	± 0,14	± 0,16	-	-	-	-	-
1,5	1,8	± 0,06	± 0,08	± 0,10	± 0,12	± 0,11	± 0,13	± 0,12	± 0,15	± 0,17	-	-	-	-	-
1,8	2,0	± 0,06	± 0,09	± 0,11	± 0,13	± 0,12	± 0,14	± 0,14	± 0,16	± 0,19	-	-	-	-	-
2,0	2,5	± 0,07	± 0,10	± 0,12	± 0,14	± 0,13	± 0,15	± 0,15	± 0,17	± 0,20	-	-	-	-	-
2,5	3,0	± 0,08	± 0,11	± 0,13	± 0,15	± 0,15	± 0,17	± 0,17	± 0,19	± 0,23	-	-	-	-	-
3,0	3,5	± 0,10	± 0,12	± 0,15	± 0,17	± 0,17	± 0,19	± 0,18	± 0,20	± 0,24	-	-	-	-	-
3,5	4	± 0,15		± 0,20		± 0,22		± 0,23		± 0,25	± 0,34	± 0,38			
4	5	± 0,18		± 0,22		± 0,24		± 0,25		± 0,29	± 0,36	± 0,42			
5	6	± 0,20		± 0,24		± 0,25		± 0,26		± 0,32	± 0,40	± 0,46			
6	8	± 0,24		± 0,30		± 0,31		± 0,32		± 0,38	± 0,44	± 0,50	± 0,56		
8	10	± 0,27		± 0,33		± 0,36		± 0,38		± 0,44	± 0,50	± 0,56			
10	12	± 0,32		± 0,38		± 0,40		± 0,41		± 0,47	± 0,53	± 0,59			
12	15	± 0,36		± 0,42		± 0,43		± 0,45		± 0,51	± 0,57	± 0,63			
15	20	± 0,38		± 0,44		± 0,46		± 0,48		± 0,54	± 0,60	± 0,66			
20	25	± 0,40		± 0,46		± 0,48		± 0,50		± 0,56	± 0,62	± 0,68			
25	30	± 0,45		± 0,50		± 0,53		± 0,55		± 0,60	± 0,65	± 0,70			
30	40	± 0,50		± 0,55		± 0,58		± 0,60		± 0,65	± 0,70	± 0,75			
40	50	± 0,55		± 0,60		± 0,63		± 0,65		± 0,70	± 0,75	± 0,80			

Quando se mide el espesor, una zona de 10 mm de ancho desde los bordes del producto será ignorado.

Ilustración 7. Tolerancias en espesor en frío.



Aluminium Al
 Producto formato: Laminado
 Características técnicas: Chapas y bandas de Aluminium laminado

TOLERANCIAS EN ANCHURA PARA BANDA Y DISCO

Espesor específico		Tolerancia de ancho				
por encima de	hasta e inclusive	hasta 500 inclusive	por encima de 500 hasta 1250 inclusive	por encima de 1250 hasta 2000 inclusive	por encima de 2000 hasta 3000 inclusive	por encima de 3000 hasta 3500 inclusive
0,2	3,0	+ 1,5 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	-
3,0	6,0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	+ 8 0	+ 8 0
6,0	50	+ 4 0	+ 5 0	+ 5 0	+ 8 0	+ 8 0

TOLERANCIAS EN LARGURA PARA BANDA Y DISCO

Espesor específico		Tolerancia de largura				
por encima de	hasta e inclusive	hasta 1000 inclusive	por encima de 1000 hasta 2000 inclusive	por encima de 2000 hasta 3000 inclusive	por encima de 3000 hasta 5000 inclusive	por encima de 5000
0,2	3,0	+ 3 0	+ 4 0	+ 6 0	+ 8 0	
3,0	6,0	+ 4 0	+ 6 0	+ 8 0	+ 10 0	+ 0,2% de la largura especifica
6,0	50	+ 6 0	+ 8 0	+ 10 0	+ 10 0	

Ilustración 8. Tolerancias en anchura y largura para banda y disco.

3.2 Condiciones de la ejecución y montaje de los prototipos

Por lo que respecta al procedimiento de montaje del prototipo, este se ha detallado en el documento de Memoria y Planos del presente proyecto. En caso de duda, deben respetarse las directrices del autor del proyecto.

6. ESTADO DE MEDICIONES

ÍNDICE ESTADO DE MEDICIONES

1.	<i>Estado de mediciones</i>	5
1.1	Circuito eléctrico	5
1.2	Elementos contruidos a base de láminas de cobre y aluminio	5
1.3	Elementos comerciales	6

1. Estado de mediciones

El principal objetivo del estado de mediciones es determinar las unidades, las características y los modelos de cada unidad.

Debido a la naturaleza del presente proyecto, se contempla una única partida, los materiales empleados para la construcción del purificador.

Sin embargo, resulta conveniente diferenciar en una serie grupos que faciliten el recuento.

1.1 Circuito eléctrico

Así pues, la Tabla 1 muestra el estado de mediciones de los componentes que constituyen el circuito eléctrico del purificador de aire.

Tabla 1. Estado de mediciones de los componentes del circuito eléctrico del purificador.

Componentes	Unidad	Cantidad
Magnetron	Ud.	1
Transformador	Ud.	1
Condensador de alto voltaje	Ud.	1
Diodo de alto voltaje	Ud.	1
Fusible del circuito de alta tensión	Ud.	1
Protector térmico	Ud.	1
Ventilador del magnetron	Ud.	1
Fusible del circuito de baja tensión	Ud.	1
Cable de alimentación	Ud.	1
Interruptor	Ud.	1

1.2 Elementos contruidos a base de láminas de cobre y aluminio

La Tabla 2 muestra el estado de mediciones de los distintos elementos del purificador de aire contruidos a base de láminas de cobre y aluminio.

Tabla 2. Estado de mediciones de los elementos contruidos con láminas de cobre y aluminio.

Componentes	Unidad	Cantidad
Caja componentes eléctricos	kg	17,814
Caja guía de onda	kg	31,623
Acople ventilador-guía de onda	kg	0,2462

Componentes	Unidad	Cantidad
Guía de onda	kg	26,687
Rejilla entrada	kg	0,0905
Rejilla salida	kg	0,03621

1.3 Elementos comerciales

La Tabla 3 muestra el estado de mediciones de los distintos componentes comerciales empleados para la construcción del prototipo.

Tabla 3. *Estado de mediciones de los componentes comerciales.*

Componentes	Unidad	Cantidad
Ventilador impulsión de aire	Ud.	1
Ruedas apoyo base	Ud.	4
Tornillos	Ud.	20

7. PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. Presupuesto de Ejecución de Material (PEM)	5
1.1 PEM Parcial	5
1.1.1 Componentes del purificador	5
1.1.2 Mano de obra	6
1.1.3 Licencias	7
1.2 PEM TOTAL	7
2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	8
3. Presupuesto total	9

1. Presupuesto de Ejecución de Material (PEM)

1.1 PEM Parcial

El Presupuesto de Ejecución de Material del presente proyecto tiene en cuenta los costes derivados del diseño, desarrollo y montaje del purificador de aire, por lo que está formado por el coste de los componentes del purificador, la mano de obra y las licencias necesarias.

1.1.1 Componentes del purificador

En este apartado se han tenido en cuenta los costes derivados de los materiales del purificador, así como los costes derivados del acabado y la soldadura necesarios para el montaje del mismo.

En primer lugar, la Tabla 1 muestra el presupuesto de los componentes que forman el circuito eléctrico del purificador.

Tabla 1. *Presupuesto de los componentes del circuito eléctrico.*

Componentes	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€/u)	Precio (€)
Magnetrón	Ud.	1	76,22	76,22
Transformador	Ud.	1	124,43	124,43
Condensador de alto voltaje	Ud.	1	12,09	12,09
Diodo de alto voltaje	Ud.	1	8	8
Fusible del circuito de alta tensión	Ud.	1	0,25	0,25
Protector térmico	Ud.	1	20	20
Ventilador del magnetrón	Ud.	1	34,89	34,89
Fusible del circuito de baja tensión	Ud.	1	0,45	0,45
Cable de alimentación	Ud.	1	6,26	6,26
Interruptor	Ud.	1	3,74	3,74
TOTAL				286,33

En segundo lugar, se calcula el precio de todos aquellos elementos que se construyen con láminas de cobre y aluminio. Para los cálculos se utiliza para el cobre 9,16 €/kg y para el

aluminio 2,55 €/kg, ambos precios obtenidos de la página web comercial Bronmetal, así como el valor de las densidades de ambos materiales; 2700 kg/m³ para el aluminio, y 8960 kg/m³ para el cobre. La Tabla 2 muestra el volumen de material de las piezas diseñadas y el precio de las mismas.

Tabla 2. Presupuesto de los elementos contruidos a base de láminas de cobre y aluminio.

Componentes	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€/u)	Precio (€)
Caja componentes eléctricos	kg	17,814	2,55	45,4257
Caja guía de onda	kg	31,623	2,55	80,63865
Acople ventilador-guía de onda	kg	0,2462	2,55	0,628371
Guía de onda	kg	26,687	9,16	244,54452
Rejilla entrada	kg	0,0905	9,16	0,82898
Rejilla salida	kg	0,03621	9,16	0,3316836
TOTAL				372,397

Por último, deben detallarse los precios de los componentes comerciales de la caja de inactivación. Estos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Presupuesto de los componentes comerciales.

Componentes	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€/u)	Precio (€)
Ventilador impulsión de aire	Ud.	1	5,4	5,4
Ruedas apoyo base	Ud.	4	2	8
Tornillos	Ud.	20	0,11	2,2
TOTAL				15,6

1.1.2 Mano de obra

La segunda partida de presupuesto contempla la mano de obra. Es importante exponer que a pesar de no haberse incluido el presente apartado en el documento *Estado de mediciones*, este debe tenerse en cuenta para los presupuestos.

El cálculo del presente presupuesto se lleva a cabo a partir de las estimaciones proporcionadas por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana. Estas estimaciones dictan que la mano de obra equivale a un 15% del precio de los materiales y equipos del proyecto, calculados para el presente proyecto en el apartado 1.1.1 Componentes del purificador.

La Tabla 4 muestra el presupuesto de la mano de obra.

Tabla 4. *Presupuesto de la mano de obra.*

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio equipos (€)	Precio total (€)
Mano de obra	%	15	674,33	101,15

1.1.3 Licencias

La última partida que debe tenerse en cuenta para el cálculo del PEM total son las licencias empleadas para el desarrollo del presente proyecto.

La Tabla 5 muestra el presupuesto de las licencias empleadas

Tabla 5. *Presupuesto de las licencias empleadas.*

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio anual (€/año)	Precio total (€)
Microsoft Office 2020	días	30	69	5,67
SolidWorks	días	15	6000	246,57
TOTAL				252,24

1.2 PEM TOTAL

Una vez conocidos los presupuestos de todas las partidas que conforman el presente proyecto, puede calcularse el valor del Presupuesto de Ejecución Material, PEM, pues este es la suma de todas las partidas anteriormente calculadas. La Tabla 6 muestra el valor del PEM total.

Tabla 6. *Presupuesto de Ejecución Material total.*

Elementos	Coste (€)
Componentes circuito eléctrico	286,33
Elementos con láminas de cobre y aluminio	372,397
Componentes comerciales	15,6
Mano de obra	101,15
Licencias	252,24
TOTAL PEM	1027,72

2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)

Una vez obtenido el valor del PEM total, es posible calcular el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata, PEC. Para la obtención del mismo debe incluirse el PEM, los gastos generales y cargas fiscales y el beneficio industrial.

Respecto a los gastos generales y cargas fiscales, se considera que estos corresponden a un 20% del PEM, mientras que el beneficio industrial corresponde a un 6% del PEM.

La Tabla 7 muestra el calor del PEC obtenido.

Tabla 7. *Presupuesto de Ejecución por Contrata.*

Elementos	Coste total (€)
PEM	1027,72
Gastos generales y cargas fiscales (20%)	205,54
Beneficio Industrial (6%)	61,66
TOTAL PEC	1294,93

3. Presupuesto total

Conocido el valor del PEC, es posible calcular el valor del presupuesto total, que es el IVA (21% del PEC) y el proyecto y dirección de la obra (7% del PEC) más el valor del PEC.

La Tabla 8 muestra el presupuesto total.

Tabla 8. *Presupuesto total.*

Elementos	Coste total (€)
PEC	1294,93
IVA (21%)	271,94
Proyecto y dirección de la obra (7%)	90,65
PRESUPUESTO TOTAL	1657,51

Así pues, puede concluirse que el presupuesto total del proyecto “Aplicación del APS al diseño de un higienizador de aire” asciende a ***MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.***