



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento: Ingeniería Térmica

Área de Conocimiento: Tratamiento de Aire

TRABAJO FIN DE GRADO

**Diseño, desarrollo y validación de un sistema fotocatalítico de
desinfección**

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Sergio Medina Martín

Tutor: Javier María Rey Hernández

MÁLAGA, octubre de 2025



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA





*Lo que no se logra con talento
se consigue con esfuerzo*



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a mi madre y mi padre, que nunca dejaron de quererme, creer y confiar en mí pese a todos los baches, errores y dificultades que se me han planteado en este largo camino, gracias por hacerme quien soy no sería el mismo sin vosotros. En segundo lugar a mi hermano que pese a ser menor que yo no ha parado de enseñarme la importancia de ser trabajador y constante, te admiro mucho.

En tercer lugar a mi pareja, gracias por quererme y ayudarme a centrarme completamente en lo que era el objetivo de verdad.

Seguidamente a mi tutor D. Javier María Rey Hernandez por confiar en este proyecto desde el primer segundo que supo de él, por ensalzarme, apoyarme y guiarme en este camino que va más allá del ámbito académico.

Me gustaría dar una mención especial a toda la gente de CleanAir Spaces, por permitirme mostrar mi trabajo y mi evolución en el ámbito de la ingeniería.

Por último, a todos esos compañeros que me han acompañado a lo largo del grado, por las tarde de estudiar y de desconectar, no habría sido lo mismo sin vosotros.

Resumen

En el presente trabajo de fin de Grado para la obtención del título de Ingeniería mecánica se describe el procedimiento que se ha seguido para el diseño, desarrollo y validación de un sistema fotocatalítico de desinfección de aire.

La calidad del aire en espacios cerrados se ha convertido en un factor de riesgo para la salud pública, especialmente tras la pandemia de la COVID-19, que evidenció la necesidad de sistemas eficaces de purificación de aire.

Entre las tecnologías existentes la fotocatalisis destaca por su capacidad de degradar compuestos orgánicos y eliminar microorganismos mediante la combinación de luz ultravioleta con catalizadores no degradables.

El siguiente proyecto tiene como objeto el diseño mecánico de un prototipo que implemente esta tecnología de la manera más eficiente y eficaz posible, destinado a mejorar la calidad del aire, incluso en zonas en las que no se dispone de un sistema de ventilación.

Plan de trabajo:

1. Diseño mecánico del prototipo y modelado 3D con SolidWorks
2. Simulación y análisis del flujo de aire para optimizar efecto germicida
3. Integración del sistema eléctrico y definición de componentes electrónicos

Palabras clave

Tratamiento de aire, sistema de desinfección, fotocatalisis, SolidWorks, flujo de aire, lámparas ultravioleta

Abstract

In this Bachelor's Thesis for the Mechanical Engineering degree, the procedure followed for the design, development, and validation of a photocatalytic air disinfection system is described.

Air quality in enclosed spaces has become a public health risk factor, especially after the COVID-19 pandemic, which highlighted the need for effective air purification systems.

Among the existing technologies, photocatalysis stands out for its ability to degrade organic compounds and eliminate microorganisms through the combination of ultraviolet light with non-degradable catalysts.

The aim of this project is the mechanical design of a prototype that implements this technology in the most efficient and effective way possible, intended to improve air quality even in areas without a ventilation system.

Work plan:

1. Mechanical design of the prototype and 3D modeling with SolidWorks
2. Simulation and analysis of airflow to optimize germicidal effect
3. Integration of the electrical system and definition of electronic components

Keywords

Air treatment, disinfection system, photocatalysis, SolidWorks, airflow, ultraviolet lamps

Parte 1: Memoria

Índice

1. Introducción y Justificación	9
1.1. Calidad del aire en espacios cerrados	9
1.2. Situación actual: impacto COVID19	10
1.3. Justificación del uso de la fotocatalisis	10
1.4. Comparativa con otras tecnologías desinfectantes	11
1.5. Objetivos generales y específicos del proyecto	12
2. Fundamentos teóricos	13
2.1. Principios físicos y biológicos de la fotocatalisis	13
2.2. Normativa y legislación aplicable	15
2.3. Productos existentes	19
3. Diseño mecánico del prototipo	22
3.1. Esquema general	22
3.2. Descripción de componentes	23
3.3. Selección de material	37
3.4. Modelado 3D con SolidWorks	37
3.5. Criterios de diseño	38
4. Análisis del flujo de aire	39
4.1. Cálculo de caudal, velocidades y distribución del aire	40
4.2. Modelado de simulación de flujo de aire con SolidWorks	41
4.3. Efecto del flujo sobre la eficiencia germicida	49
5. Diseño del sistema de Fotocatalisis	51
5.1. Especificaciones de lámparas y componentes	51
5.2. Cálculo de dosis germicida	52
5.3. Riesgos del sistema UV	53
6. Diseño del sistema eléctrico	54
6.1. Descripción del circuito eléctrico	54
6.2. Descripción de los componentes del circuito	59
7. Conclusiones	61
8. Referencias	64

Índice de figuras

Figura 1: Representación de partículas en suspensión en el ambiente	10
Figura 2: ductFIT 200	21
Figura 3: ductFIT wall	21
Figura 4: ductFIT cloud	22
Figura 5: ductFIT mobile	22
Figura 6: ductFIT S	23
Figura 7: Vista explosionada de las partes que forman el prototipo	24
Figura 8: Ensamblaje del cuerpo del prototipo	25
Figura 9: Vista explosionada de las partes que forman el cuerpo del prototipo	26
Figura 10: Parte 1 - Cuerpo del Prototipo	27
Figura 11: Parte 2 - Cuerpo del prototipo	27
Figura 12: Parte 3- Cuerpo del prototipo	28
Figura 13: Modelo 3D del sistema fotocatalítico	28
Figura 14: Balastro electrónico	29
Figura 15: Vista 1 - Ensamblaje del Cassette de desinfección	30
Figura 16: Vista 2 - Ensamblaje del Cassette de desinfección	31
Figura 17: Vista explosionada del ensamblaje del Cassette de desinfección	32
Figura 18: Pieza 1 - Cassette de desinfección	33
Figura 19: Pieza 2 - Cassette de desinfección	33
Figura 20: Pieza 3 - Cassette de desinfección	34
Figura 21: Pieza 4 - Cassette de desinfección	34
Figura 22: Pieza 5 - Cassette de desinfección	35
Figura 23: Pieza 1 - Caja de conexiones	36
Figura 24: Pieza 2 - Caja de conexiones	36

Figura 25: Ventilador S&P HXM-200	37
Figura 26: Diagrama problema de Mecánica de Fluidos	42
Figura 27: Vista lateral del dominio de cálculo para la simulación de flujo de aire	43
Figura 28: Vista lateral seccionada del dominio de cálculo para la simulación de flujo de aire	43
Figura 29: Tabla de parámetros del ventilador para la simulación de flujo de aire	44
Figura 30: Tabla de diagrama Pa/(kg/s) del ventilador	45
Figura 31: Contorno simplificado para el cálculo de la simulación de flujo de aire	46
Figura 32: Elementos de cálculo para la simulación de flujo de aire	47
Figura 33: Detalle de las superficies de cierre para la simulación de flujo de aire	48
Figura 34: Resultado de la simulación del flujo de aire	49
Figura 35: Circuito eléctrico general simplificado	56
Figura 36: Esquema conceptual del montaje de la caja de conexiones	57
Figura 37: Circuito eléctrico correspondiente a un Cassette de desinfección	58
Figura 38: Esquema conceptual del montaje del circuito de un Cassette de desinfección	59
Figura 39: Clema de pinza destinada a la conexión entre el cassette y el circuito principal	59

1. Introducción y Justificación

1.1. Calidad del aire en espacios cerrados

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que las personas pasan aproximadamente un 80-90 % de su tiempo en espacios interiores. En estos entornos, la calidad del aire puede verse comprometida por múltiples factores: ventilación insuficiente, acumulación de partículas en suspensión, presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV), humedad, así como bacterias, hongos y virus.

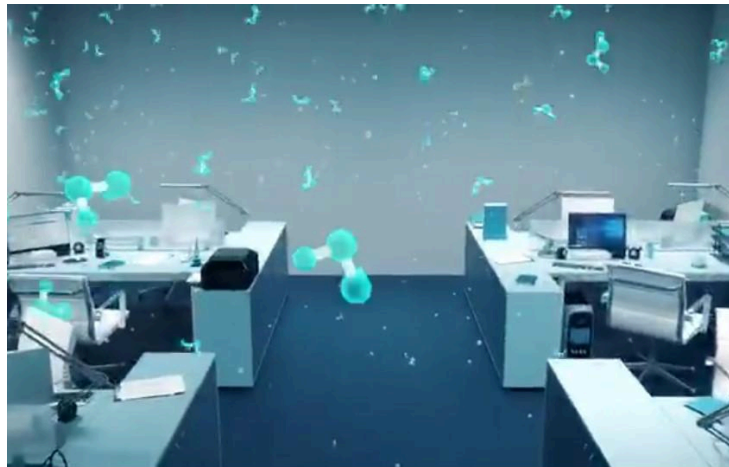


Figura 1: Representación de partículas en suspensión en el ambiente

La exposición prolongada a estos contaminantes se asocia a problemas respiratorios, alergias, fatiga, cefaleas y, en casos más graves, al denominado “síndrome del edificio enfermo”.

La calidad del aire en espacios interiores es un aspecto fundamental en la salud y el bienestar de las personas, especialmente en entornos de alta ocupación como oficinas, hospitales, centros educativos o medios de transporte. A pesar de que a menudo se presta más atención a la contaminación exterior, numerosos estudios han demostrado que el aire en recintos cerrados puede presentar una concentración más elevada de contaminantes, microorganismos y compuestos orgánicos volátiles, lo que conlleva riesgos significativos para la salud.

Por ello, garantizar un aire interior limpio y saludable constituye un reto prioritario, que requiere tecnologías de tratamiento complementarias a la ventilación natural o a los sistemas tradicionales de filtración.

1.2. Situación actual: impacto COVID-19

La pandemia de la COVID-19 supuso un punto de inflexión en la percepción de este problema, al poner de manifiesto la facilidad de transmisión de agentes patógenos en ambientes interiores. Esto impulsó la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de purificación y desinfección del aire, con el objetivo de reducir la propagación de enfermedades y mejorar la seguridad en espacios de uso común.

Dicha pandemia evidenció la vulnerabilidad de los espacios cerrados frente a la transmisión de agentes patógenos por vía aérea. Diversos estudios confirmaron que la propagación del SARS-CoV-2 se producía no solo por gotas respiratorias, sino también a través de aerosoles suspendidos en el aire durante largos periodos de tiempo.

Este hecho impulsó la búsqueda de soluciones tecnológicas que garantizan una desinfección continua del aire en recintos de alta ocupación.

A raíz de esta situación, tanto las autoridades sanitarias como la industria comenzaron a dar mayor importancia a la implementación de tecnologías avanzadas de purificación, lo que abrió el camino a nuevas líneas de investigación en sistemas basados en radiación ultravioleta, ionización, plasma frío y fotocatalisis.

1.3. Justificación del uso de la fotocatalisis

La fotocatalisis es un proceso en el cual un catalizador semiconductor, generalmente dióxido de titanio (TiO_2), es activado mediante radiación ultravioleta para generar especies reactivas de oxígeno capaces de degradar contaminantes orgánicos y eliminar microorganismos, en este caso concreto el oxidante deseado es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2).

Entre sus principales ventajas destacan:

- Amplio espectro de acción: eficaz frente a bacterias, virus, hongos y compuestos orgánicos.
- Reducción de mantenimiento: no requiere sustitución periódica de filtros, a diferencia de otros sistemas.
- Seguridad y sostenibilidad: no genera residuos tóxicos ni subproductos peligrosos.
- Eficiencia energética: puede integrarse en dispositivos de bajo consumo eléctrico.

Estas características hacen de la fotocatalisis una tecnología especialmente atractiva para la desinfección del aire en espacios interiores, donde la seguridad, la fiabilidad y la continuidad del tratamiento son esenciales.

1.4. Comparativa con otras tecnologías desinfectantes

A la vanguardia del proceso de desinfección existen diversa tecnologías que destacan como pueden ser:

- Generación de Ozono: al producirse la generación de ozono se produce la oxidación de microorganismos y diversos compuestos químicos. Como ventaja de este proceso cabe destacar la fuerte capacidad oxidativa y capacidad de penetración, es ampliamente usado en desinfección de habitaciones, pero carga con una gran desventaja, que es tóxico a concentraciones relativamente bajas y no se puede usar mientras haya presencia en el habitáculo que se esté tratando, por lo que está fuertemente regulado, por lo que el principio activo del sistema de fotocatalisis es claramente superior, porque controlando la emisión se puede dar un tratamiento eficaz sin ser perjudicial para la salud.
- Irradiación germicida: destrucción del material genético de los microorganismos mediante radiación UV directa, mecanismo germicida de acción rápida si la exposición a la luz es la correcta y no deja residuos químicos, pero al igual que la anterior cuenta con una gran desventaja y es que la exposición directa de la luz UV entraña un riesgo para piel y ojos, por lo que debe usarse en espacios deshabitados o sistemas cerrados. El sistema de fotocatalisis implementa esta tecnología ya que el aire se fuerza a pasar por la luz UV-C del sistema de desinfección, pero lo hace de forma segura en un sistema cerrado, el propio prototipo, y combinándolo con la

reacción química de excitación del catalizador y la consecuente generación de peróxido.

- Filtros HEPA: sistema de filtración de partículas que requiere un 99,97% de filtración ante partículas de $0,3 \mu\text{m}$ o mayores mediante fibras, retiene polvo, alérgenos bacterias grandes y tiene un funcionamiento muy sencillo, las partículas menores de $0,3 \mu\text{m}$ se inactivan mediante difusión, atrapandolas en las fibras de vidrio. Pasado un tiempo el filtro se satura y requiere de mantenimiento o cambio, es una tecnología diferente a la desinfección por fotocátalisis pero son claramente compatibles como etapa inicial de la limpieza del aire, se podría tener en cuenta para futuras versiones del prototipo [1].

Ningún sistema es perfecto, cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas. Pero lo que aporta el sistema de fotocátalisis es claramente superior, ya que no es tóxico si se diseña con un aporte controlado, suma a la capacidad desinfectante del peróxido de hidrógeno la eficacia germicida de la radiación directa de luz UV en un sistema cerrado que no implica riesgos y se le podría implementar la tecnología del filtro HEPA en la fase previa de tránsito por el prototipo, de esta forma maximizar su cometido desinfectante y germicida además de proteger el polvo el interior del aparato gracias a la acción filtrante

1.5. Objetivos generales y específicos del proyecto

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño, desarrollo y validación de un prototipo de sistema de desinfección por fotocátalisis, evaluando su viabilidad técnica y económica con vistas a una futura industrialización.

Objetivo general:

Diseñar, desarrollar y validar un prototipo de sistema de desinfección del aire mediante fotocátalisis, evaluando su eficacia, seguridad y viabilidad industrial.

Objetivos específicos:

1. Analizar el estado del diseño, la normativa vigente y los fundamentos científicos del proceso de fotocátalisis.

2. Diseñar el prototipo a nivel mecánico, eléctrico y funcional, empleando herramientas de modelado y simulación.
3. Evaluar la distribución y el flujo de aire para optimizar la eficiencia germicida del sistema.
4. Seleccionar los componentes adecuados (fuentes de radiación UV, catalizadores, ventiladores, etc.) y calcular la dosis germicida necesaria.
5. Validar el prototipo mediante ensayos experimentales, determinando su eficacia de desinfección y analizando costes asociados.
6. Estudiar la viabilidad de su industrialización, considerando procesos de fabricación, normativa aplicable y posibles mejoras futuras.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Principios físicos y biológicos de la fotocatalisis

La fotocatalisis es un proceso de oxidación avanzada que se basa en la activación de un material semiconductor mediante radiación ultravioleta (UV), lo que genera especies reactivas capaces de degradar compuestos orgánicos y de inactivar microorganismos patógenos presentes en el aire o en superficies. El material más empleado es el dióxido de titanio (TiO_2), debido a su elevada estabilidad química, baja toxicidad, disponibilidad y coste reducido.

Principios físicos

Cuando un fotón con energía superior o igual a la banda prohibida del semiconductor incide sobre el catalizador, se produce la excitación de un electrón desde la banda de valencia hasta la banda de conducción, generando un par electrón-hueco (e^-/h^+). Estos portadores de carga migran hacia la superficie del material, donde desencadenan reacciones redox:

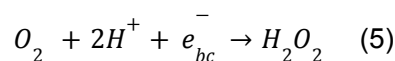
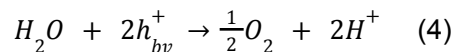
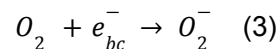
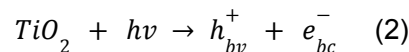
- Los electrones reducen moléculas de oxígeno absorbidas, originando aniones superóxido (O_2^-).
- Los huecos oxidan moléculas de agua, formando radicales hidroxilo (OH).

Ambas especies reactivas (ROS, Reactive Oxygen Species) poseen un elevado poder oxidante, capaces de descomponer compuestos orgánicos volátiles (COV), moléculas contaminantes y estructuras biológicas.

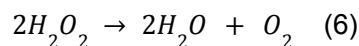
La energía mínima necesaria para provocar la creación de un par electrón-hueco en dióxido de titanio (TiO_2) viene dada por el producto de la constante de Planck (h) y la frecuencia de la radiación ultravioleta (ν) que debe ser mayor o igual a 786 THz (terahercios) [2]:

$$E = h \cdot \nu = 6,63 \times 10^{-34} (J \cdot s) \cdot 768 \times 10^{12} (Hz) = 5,09 \times 10^{-19} (J) \quad (1)$$

La formación de los aniones deseados, en este caso, el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se ha documentado de varias formas [3, 4, 5]:



Las moléculas de peróxido de hidrógeno que no reaccionan con contaminantes, virus o bacterias se descomponen de forma natural formando Oxígeno y vapor de agua [6]:



Principios biológicos

La acción germicida de la fotocatalisis se debe a los efectos de las especies reactivas generadas sobre los microorganismos:

- Virus: los radicales oxidan la envoltura lipídica y las proteínas de la cápside, además de dañar el material genético, lo que impide la replicación.
- Bacterias y hongos: las ROS atacan la membrana celular, alterando su permeabilidad y provocando la pérdida de funciones metabólicas esenciales.

También generan daños en el ADN y ARN, conduciendo a la apoptosis o inactivación.

A diferencia de los filtros convencionales, que solo retienen partículas, la fotocatalisis destruye la estructura molecular de los contaminantes y microorganismos, evitando su reintroducción al ambiente.

Factores determinantes

La eficacia del proceso depende de diversos parámetros:

- Longitud de onda y potencia de la radiación UV (en este caso UV-C, con 100.280 nm de longitud de onda, aunque también se emplean UV-A en algunos sistemas).
- Cantidad de fotocatalizador (cuanto mayor es la cantidad de sustancia fotocatalizadora, mayor será el número de pares de electrón-hueco formados)
- Cantidad de oxígeno (cuanto mayor sea la proporción de oxígeno en el aire mayor será la producción de moléculas de oxígeno con carga negativa para dar lugar al peróxido de hidrógeno).
- Condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura, concentración de oxígeno).
- Tiempo de exposición y caudal de aire tratado.

En conjunto, estos principios hacen de la fotocatalisis una tecnología robusta y versátil para la desinfección del aire, con un potencial elevado en la mejora de la calidad ambiental en espacios cerrados.

2.2. Normativa y legislación aplicable

El desarrollo de un sistema de desinfección por fotocatalisis debe cumplir con un conjunto de normativas técnicas y de seguridad, tanto en el ámbito europeo como internacional. Dichas normas garantizan la seguridad eléctrica del prototipo, la protección de los usuarios frente a radiación ultravioleta, y la eficacia del sistema en la mejora de la calidad del aire interior.

Normativa de calidad del aire y seguridad biológica

- UNE-EN 17272:2020 – Métodos de desinfección por vía aérea mediante procesos automatizados: establece los requisitos para la validación de equipos destinados a la desinfección de aire y superficies en ambientes cerrados. Exige pruebas de eficacia microbiológica bajo condiciones normalizadas.
- OMS – Directrices sobre calidad del aire en interiores (2009, actualizadas en 2021): recogen valores límite de exposición a contaminantes químicos y biológicos en espacios cerrados, lo que sirve de referencia para validar la reducción de contaminantes por el prototipo.

Normativa sobre radiación ultravioleta y seguridad óptica

- UNE-EN 62471:2009 – Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas: define los límites de exposición humana a radiación óptica incoherente (incluida la radiación UV), clasificando los equipos en grupos de riesgo. Obliga a garantizar que el usuario no esté expuesto a niveles peligrosos de radiación.
- UNE-EN 14255-1:2005 – Medición y evaluación de la exposición de las personas a radiación óptica incoherente: regula los métodos de medición de radiación UV, requisito para demostrar la seguridad del prototipo en entornos habitados.

Normativa eléctrica y de compatibilidad electromagnética

- UNE-EN 60335-1:2013 – Seguridad de los aparatos eléctricos de uso doméstico y análogo: es la norma general de seguridad eléctrica para equipos conectados a red o baja tensión. Exige protección frente a riesgos eléctricos, térmicos y mecánicos.
- UNE-EN 61010-1:2011 – Requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio: aplica en caso de que el prototipo se emplee en entornos de ensayo o investigación, garantizando seguridad eléctrica y mecánica.



- UNE-EN 55014 y UNE-EN 61000 (serie): normas sobre compatibilidad electromagnética (CEM), que limitan las emisiones electromagnéticas y exigen inmunidad a interferencias.

Normativa de comercialización y mercado CE

- Directiva 2006/42/CE de Máquinas y Directiva 2014/35/UE de Baja Tensión: aplicables al prototipo en caso de su industrialización, garantizando requisitos esenciales de seguridad antes de obtener el mercado CE.
- Directiva 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética: regula las condiciones que debe cumplir el equipo para poder comercializar en la Unión Europea.

A continuación se presenta un cuadro resumen de lo descrito en este apartado:

Norma	Ámbito de aplicación	Exigencias
UNE-EN 17272:2020	Métodos de desinfección aérea	Demostrar eficacia microbiológica bajo condiciones controladas. Validar la capacidad germicida del sistema.
OMS – Directrices sobre calidad del aire en interiores	Calidad del aire en espacios cerrados	Establece límites de exposición a contaminantes químicos y biológicos. El prototipo debe contribuir a mantener el aire dentro de dichos valores.
UNE-EN 62471:2009	Seguridad fotobiológica de lámparas	Limitar la exposición del usuario a radiación UV.

		Clasifica el equipo en grupos de riesgo según emisión óptica.
UNE-EN 14255-1:2005	Evaluación de radiación óptica incoherente	Regula la medición de radiación UV en entornos habitados. Se debe verificar que el prototipo no supere los valores admisibles.
UNE-EN 60335-1:2013	Seguridad eléctrica de aparatos de uso doméstico y análogo	El prototipo debe garantizar protección frente a riesgos eléctricos, térmicos y mecánicos.
UNE-EN 61010-1:2011	Seguridad de equipos eléctricos de medida y control	Aplica si el prototipo se emplea en entornos de laboratorio. Exige aislamiento, protección contra sobrecalentamiento y descargas.
UNE-EN 55014 y UNE-EN 61000	Compatibilidad electromagnética (CEM)	El equipo no debe emitir interferencias electromagnéticas ni verse afectado por ellas.
Directiva 2006/42/CE	Seguridad de equipos mecánicos	Requisitos esenciales de seguridad en caso de industrialización del prototipo.

Directiva 2014/35/UE	Equipos eléctricos entre 50 y 1000 V AC	Asegura la seguridad eléctrica en el rango de tensiones aplicable al prototipo.
Directiva 2014/30/UE	Comercialización en la UE	Condición obligatoria para el mercado CE y la puesta en el mercado europeo.

2.3. Productos existentes

Actualmente la empresa cuenta con tres pares de productos homologados y certificados que se destinan al tratamiento y desinfección del aire. Tanto el prototipo que se está desarrollando como estos productos se basan en la tecnología patentada “ductFIT” que da nombre a todos los productos con su correspondiente apellido que especifica su aplicación [7].

Estos productos son:

- ductFIT100 y ductFIT200: dispositivos encargados del tratamiento de aire en conductos de aire centralizado para oficinas, hospitales y demás grandes superficies. Estos dispositivos requieren de la realización de un estudio del sistema de HVAC y de su entramado de conductos, de esta forma se localizan los mejores puntos de implantación y el número de equipos que se necesitan para cubrir la superficie para lograr una desinfección completa, tanto de los conductos de climatización como de las estancias (legionela).



Figura 2: ductFIT 200

- ductFIT wall y ductFIT cloud: estos dispositivos al igual que los anteriores están destinados al tratamiento de zonas de trabajo en oficinas, hospitales y demás superficies, pero estos productos se usan cuando no hay posibilidad de acceso al conducto de ventilación ya que poseen su propio sistema de movimiento de aire que crea el flujo de desinfección, disponen adicionalmente de un sistema pasivo de limpieza compuestos por filtro HEPA 13 con Carbón Activo.



Figura 3: ductFIT wall



Figura 4: ductFIT cloud

- ductFIT mobile y ductFIT S: son los dispositivos de uso personal para el usuario, completamente móviles, se pueden usar en cualquier localización siempre que se disponga de una toma de luz. Estos dispositivos también están diseñados para el tratamiento de una superficie o volumen de aire específico, pero con un uso continuado y constante se podrían llegar a cubrir zonas mayores.



Figura 5: ductFIT mobile



Figura 6: ductFIT S

3. Diseño mecánico del prototipo

En este apartado se va a describir el proceso para el diseño del prototipo. En primera instancia, había que hacer un diseño alrededor del sistema catalítico que se instalaba en los conductos de manera que resultara lo más compacto y eficiente posible. La forma de lograr este fin es conseguir que el mayor flujo de aire posible pasara a través del sistema de desinfección, y que lo hiciera a la velocidad correcta para que el principio activo logra tratar el flujo de aire de entrada.

3.1. Esquema general

El dispositivo consta principalmente de cinco partes: ventilador, cuerpo estructural, sistemas de desinfección, el cual a partir de este punto se denominará “*cassette*”, caja de conexiones y rejilla.

En la siguiente vista explosionada se puede apreciar cada uno de los componentes que conforman el dispositivo:

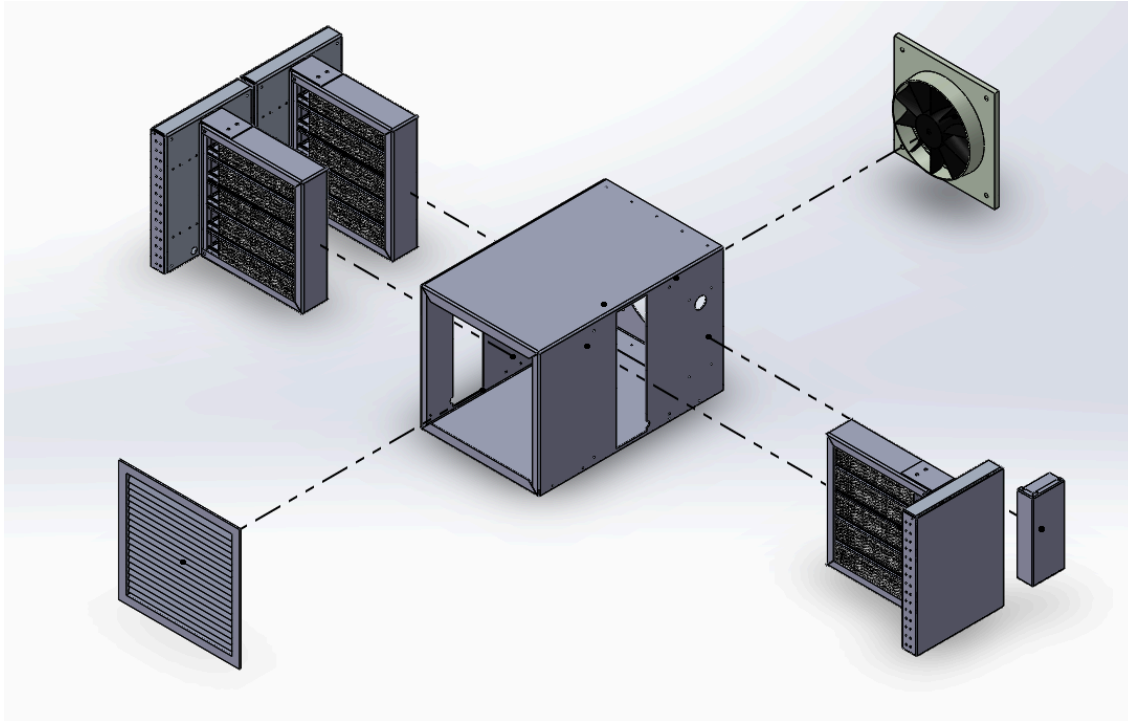


Figura 7: Vista explosionada de las partes que forman el prototipo

3.2. Descripción de componentes

Como se ha visto en el apartado anterior, el prototipo consta de cinco partes o componentes. En este apartado se hablará más en detalle de cada uno de ellos y de cómo han afectado en sí a la etapa de diseño:

- **Cuerpo**

El cuerpo del prototipo constituye el elemento estructural principal, cuya función es albergar y proteger los distintos dispositivos que componen el sistema de desinfección por fotocátalisis. Se ha concebido como una carcasa que proporciona la rigidez necesaria al conjunto, estanqueidad al conducto y se definen sus dimensiones en base al espacio interno disponible donde se instalarán el sistema fotocatalítico y el circuito eléctrico.

Su diseño geométrico se ha realizado tomando como referencia las dimensiones del ventilador y del módulo de desinfección con lámpara UV, de modo que el interior del

cuerpo se ajusta a estos componentes para garantizar tanto la eficiencia en el flujo de aire como la correcta exposición a la radiación germicida.

Además de su papel estructural, el cuerpo actúa como conducto de aire, canalizando el caudal impulsado por el ventilador a través de la zona activa de fotocátalisis. Con ello, no solo se asegura el paso homogéneo y la estanquidad al paso del aire por la lámpara y el catalizador, sino que también se optimiza el rendimiento del proceso de desinfección.

En cuanto a materiales, se ha optado por aluminio 1050 en la fase de prototipo, con el objetivo de disponer de una estructura ligera, resistente y económicamente viable, manteniendo la posibilidad de evaluar modificaciones futuras en el diseño final.

Otro factor que se ha tenido en cuenta es que este cuerpo ha tenido que ser subdividido en tres piezas para posibilitar su fabricación, ya que estas piezas están construidas a partir de un proceso de corte y doblado de una chapa metálica, quedando la distribución del cuerpo de la siguiente forma:

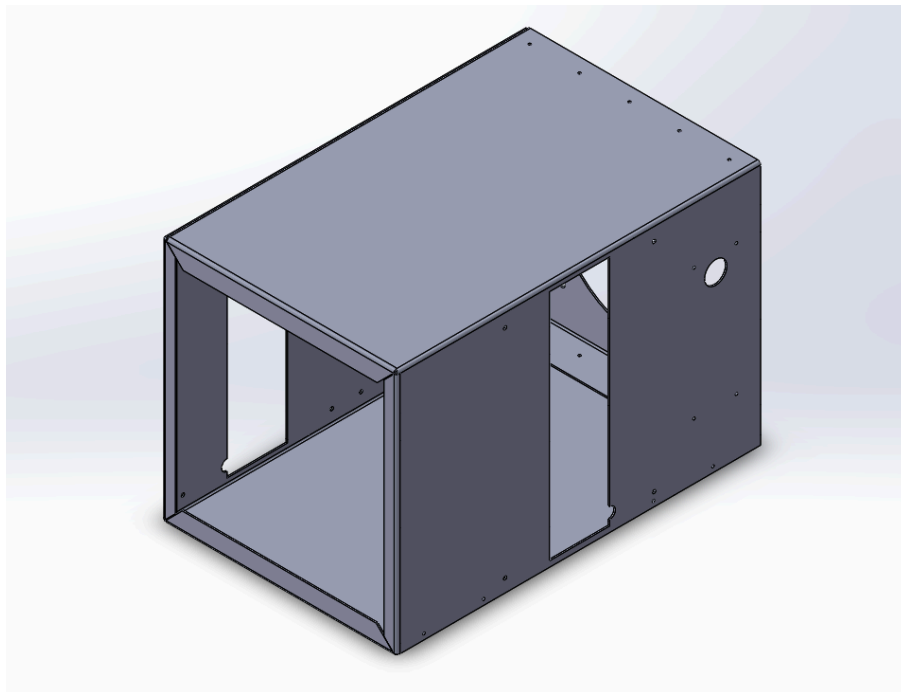


Figura 8: Ensamblaje del cuerpo del prototipo

El despiece, o la vista explosionada del ensamblaje, quedaría como en la siguiente imagen, siendo el método de unión seleccionado un remachado, ya que no se requiere el desensamblaje, por tanto, una unión permanente es la mejor opción para estas piezas que conforman el cuerpo del prototipo.

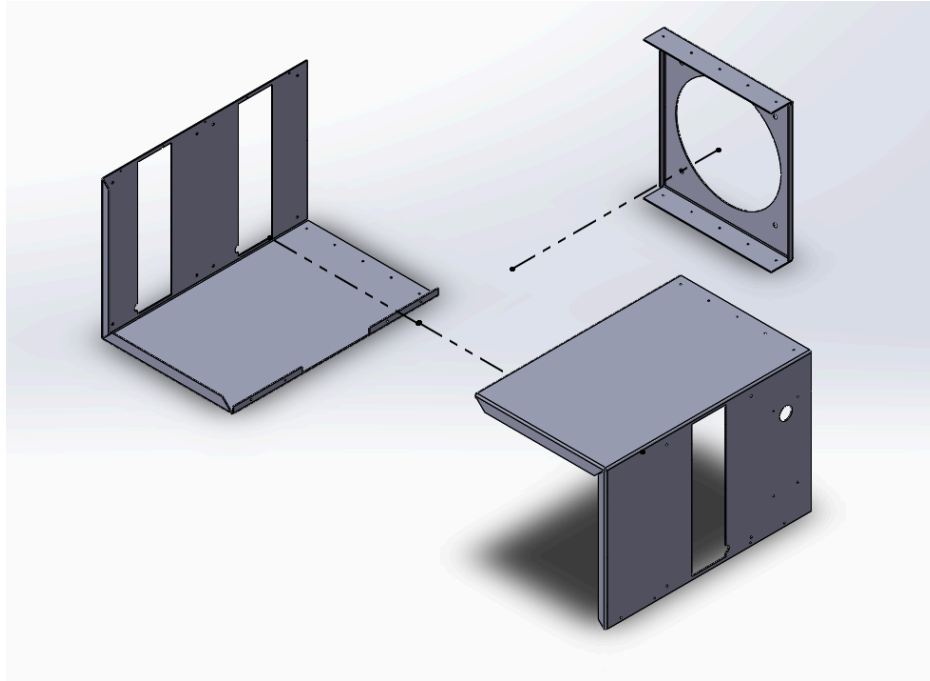


Figura 9: Vista explosionada de las partes que forman el cuerpo del prototipo

Entrando más en detalle se va a mostrar la vista de “chapa desplegada” de cada una de las piezas y su forma final en detalle, estando disponibles los planos de operaciones de cada una en los anexos del documento.

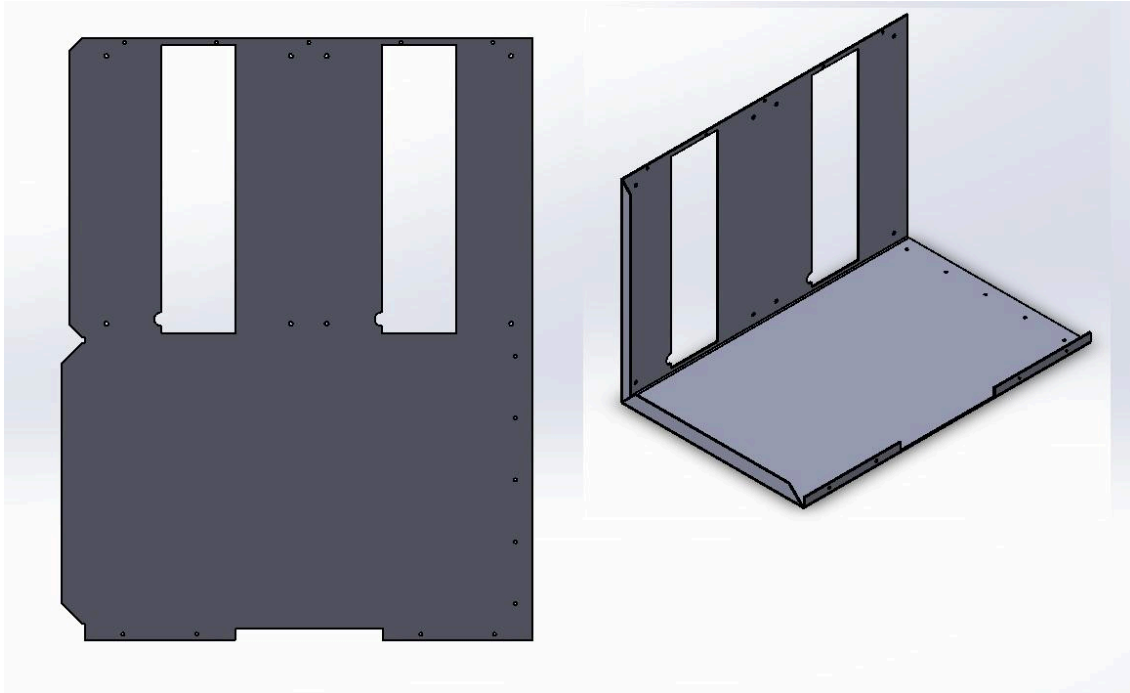


Figura 10: Parte 1 - Cuerpo del Prototipo

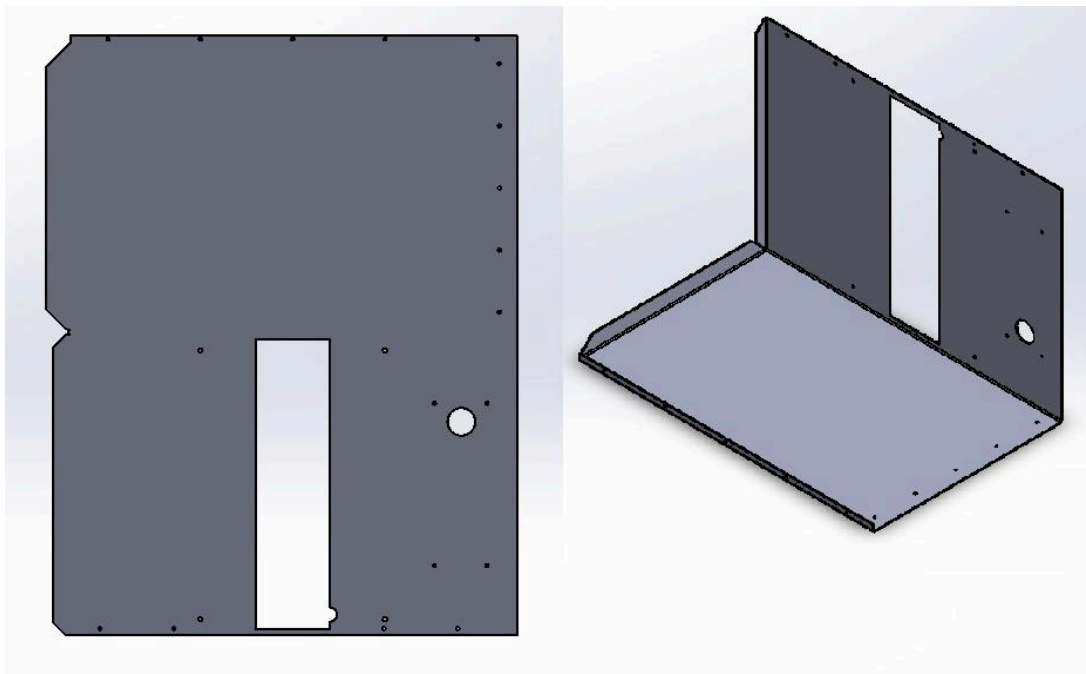


Figura 11: Parte 2 - Cuerpo del prototipo

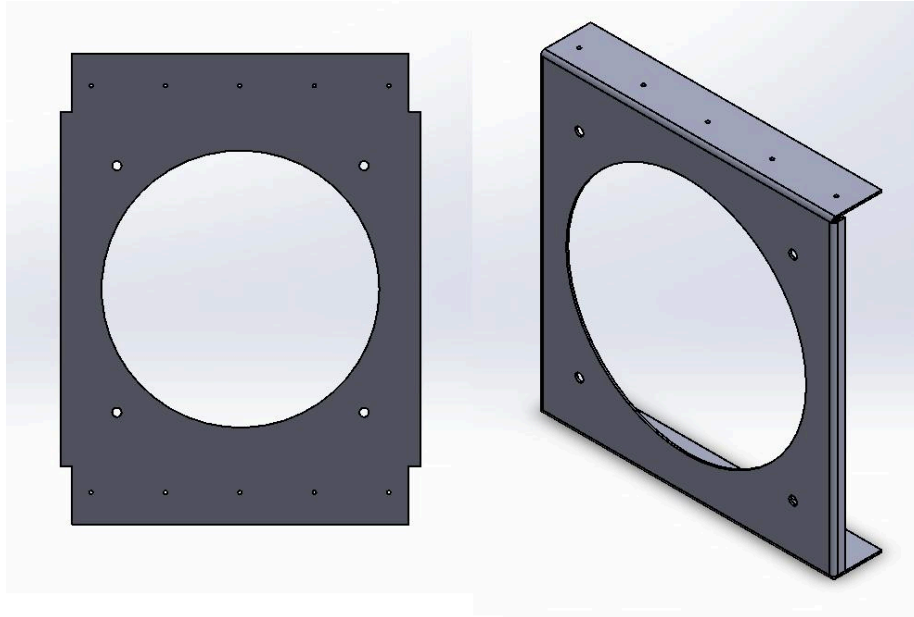


Figura 12: Parte 3- Cuerpo del prototipo

- **Cassette**

Este es el conjunto más complejo a la hora de diseño ya que había que diseñarlo alrededor del sistema de fotocatalisis individual, conocido como ductFIT100, de esta forma había algunas cotas o medidas que estaban bloqueadas y no se podían variar.

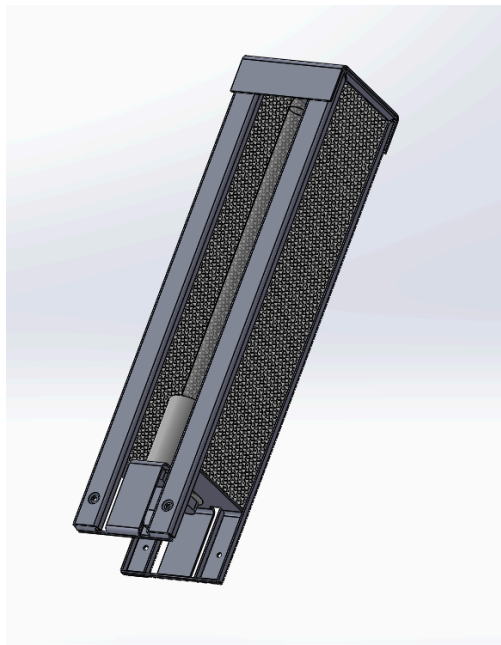


Figura 13: Modelo 3D del sistema fotocatalítico

En primer lugar, habría que determinar el número de equipos que se iban a montar en cada cassette, al ser un prototipo destinado en gran parte a la experimentación, partiendo de las dimensiones del ventilador se buscó implantar el mayor número de equipos posibles, que en este caso por la altura y ancho del mismo eran cinco equipos ductFIT100 por cassette.

En segundo lugar, cada equipo tiene la necesidad de ir acompañado de un balastro, el cual tiene unas dimensiones que deben ser respetadas a la hora de su instalación en el cassette, lo que nos lleva a otro punto clave que se ha tenido en cuenta para el diseño del cassette, que es aportar un elemento que se pueda desensamblar para realizar su mantenimiento correspondiente, ya sea cambio de lámparas, balastro o cableado.



Figura 14: Balastro electrónico

Un balastro es un dispositivo eléctrico que se emplea para regular la corriente que circula a través de lámparas. Estas lámparas UV no pueden conectarse directamente a la red eléctrica, ya que su impedancia es muy baja una vez encendidas, lo que provocaría un exceso de corriente y su destrucción inmediata. El balastro cumple dos funciones principales:

- Limitación de corriente: actúa como regulador, asegurando que la lámpara reciba la intensidad adecuada durante su funcionamiento estable.

- Arranque de la lámpara: en muchos casos, también proporciona la tensión de arranque necesaria para ionizar el gas dentro del tubo y permitir que comience la descarga eléctrica.

En el mercado, existen distintos tipos de balastos, principalmente electromagnéticos (más simples y robustos, pero menos eficientes) y electrónicos (más compactos y con mayor eficiencia energética). En el caso de estas lámparas UV-C para desinfección, se emplean balastos electrónicos específicos, y certificados por la empresa, que garantizan un funcionamiento estable, seguro y con una vida útil prolongada de la lámpara.

De esta forma el diseño final del dispositivo queda de la siguiente forma:

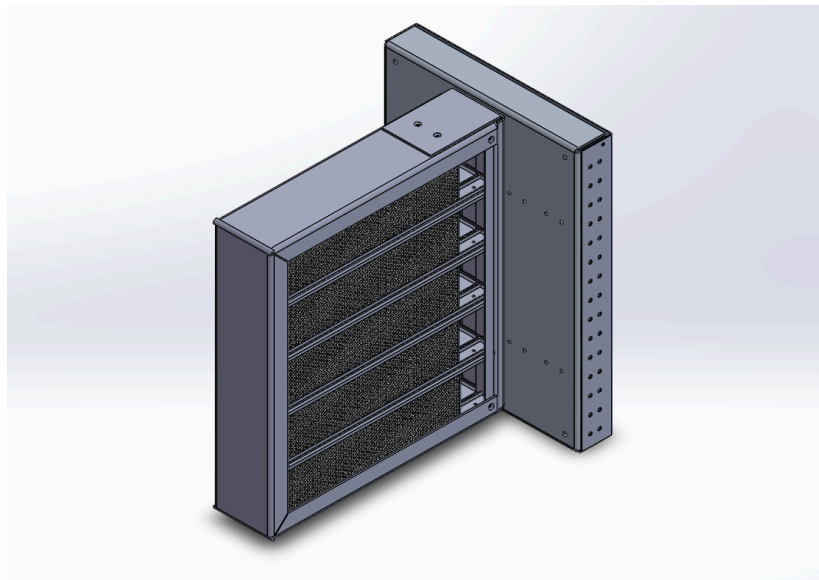


Figura 15: Vista 1 - Ensamblaje del Cassette de desinfección

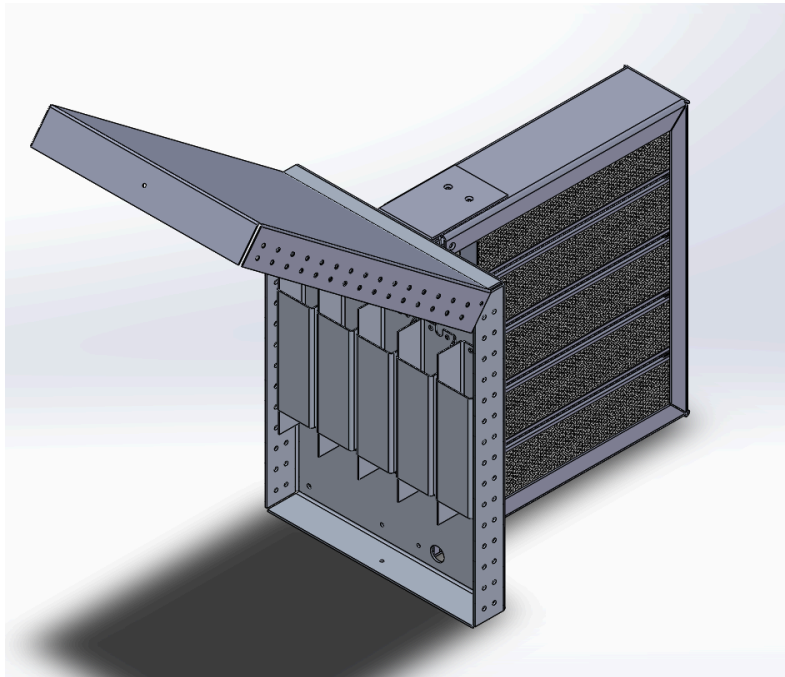


Figura 16: Vista 2 - Ensamblaje del Cassette de desinfección

Es importante ver, que también se modeló el balastro, para determinar que el volumen entraba en el espacio habilitado para ello, además de para poder disponer correctamente los orificios roscados que sujetarán estos elementos al conjunto.

Como concepto, también se puede ver el siguiente despiece de este elemento en la siguiente imagen:

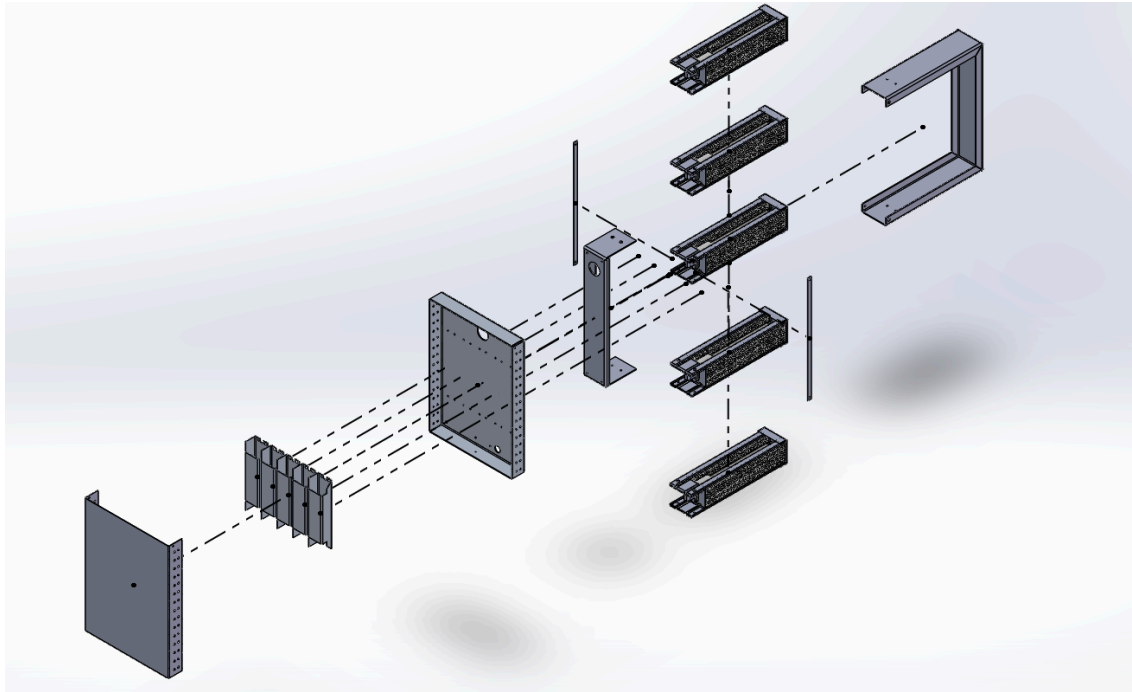


Figura 17: Vista explosionada del ensamblaje del Cassette de desinfección

En ella se pueden ver todas las piezas que componen el cassette, el bastidor donde se montan los equipos, los propios equipos, los dos retenedores laterales, el cierre del bastidor cuya misión secundaria es también esconder o albergar los cables de conexión de las lámparas y dirigirlos a la caja de conexiones, donde están los balastos y finalmente el cierre de esta caja de conexiones que es abatible, para posibilitar el acceso a esta caja.

Ahora al igual que con el cuerpo del prototipo se van a mostrar las chapas desplegadas y su consiguiente forma final:

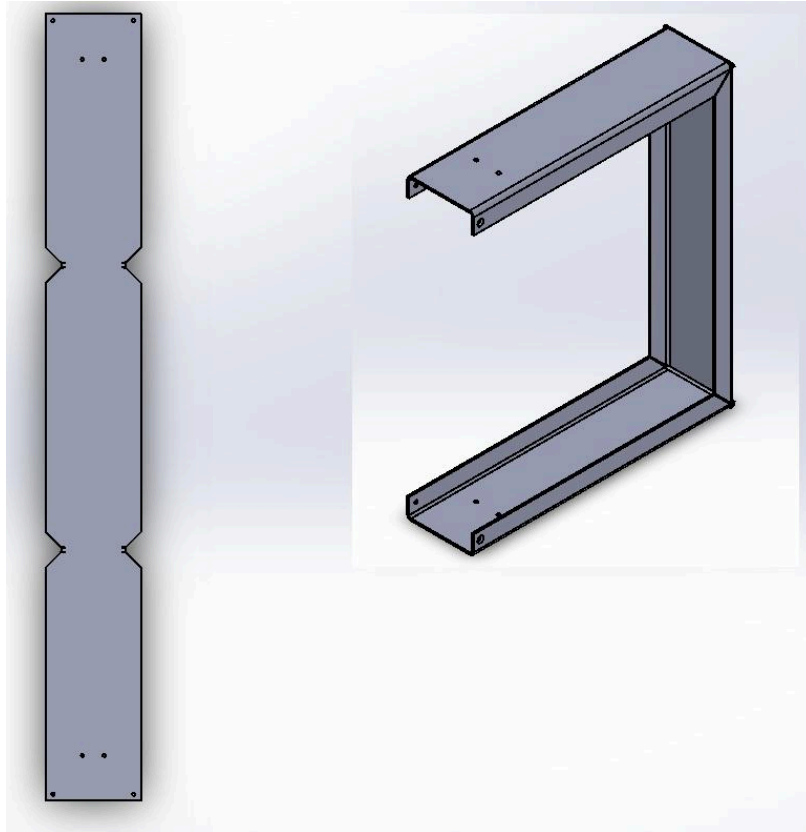


Figura 18: Pieza 1 - Cassette de desinfección

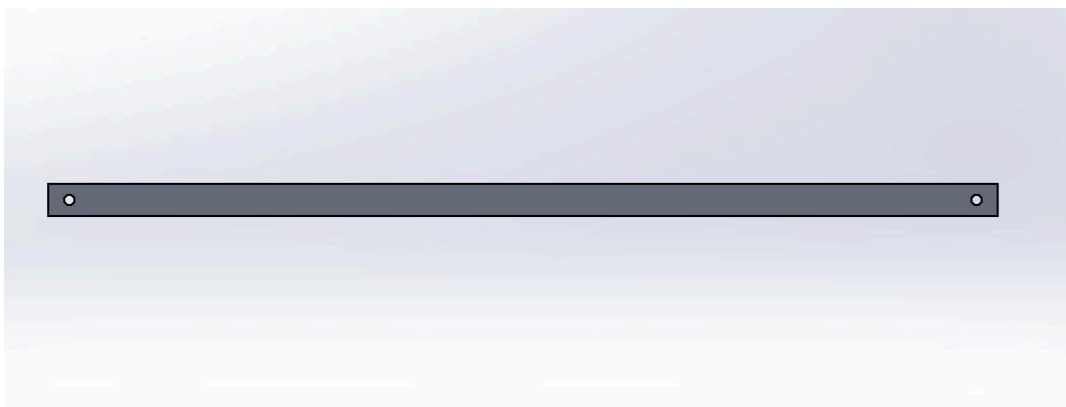


Figura 19: Pieza 2 - Cassette de desinfección

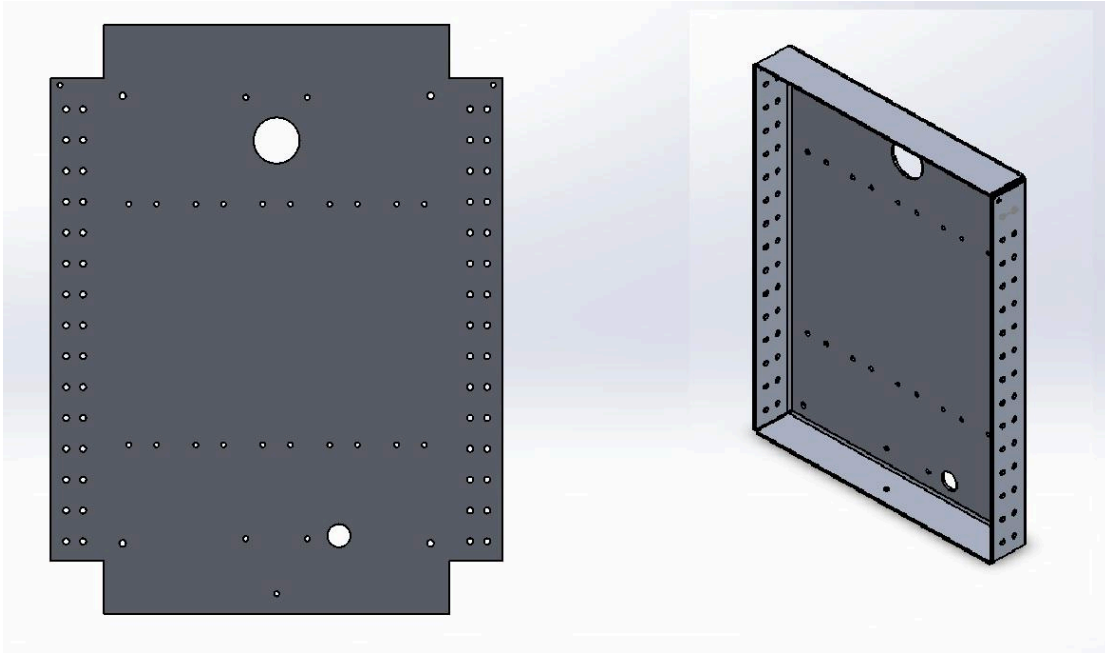


Figura 20: Pieza 3 - Cassette de desinfección

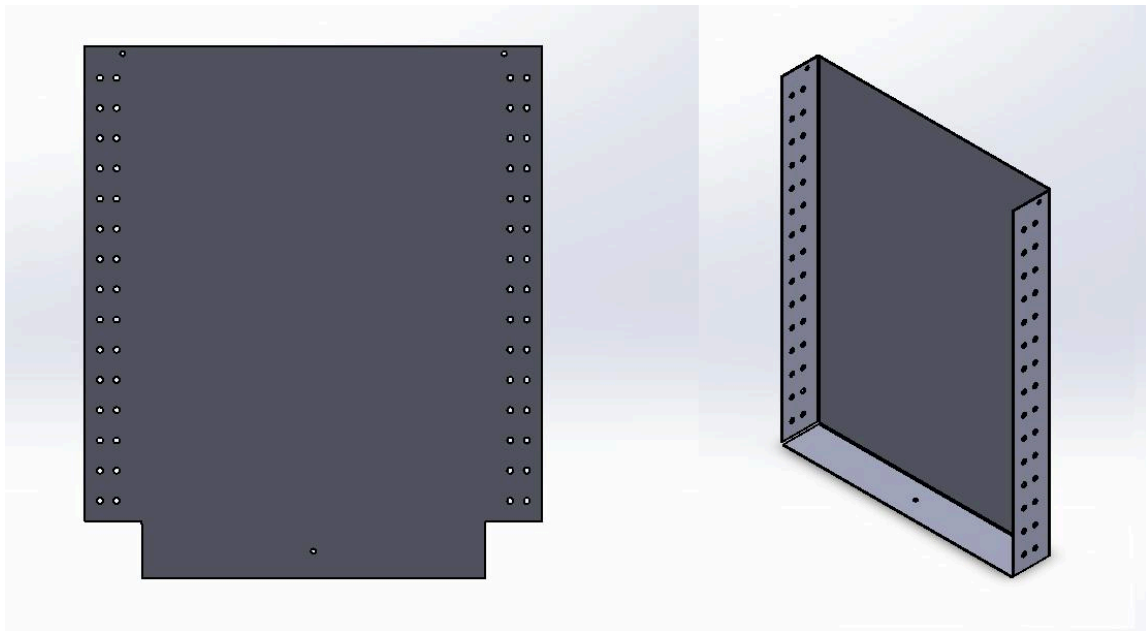


Figura 21: Pieza 4 - Cassette de desinfección

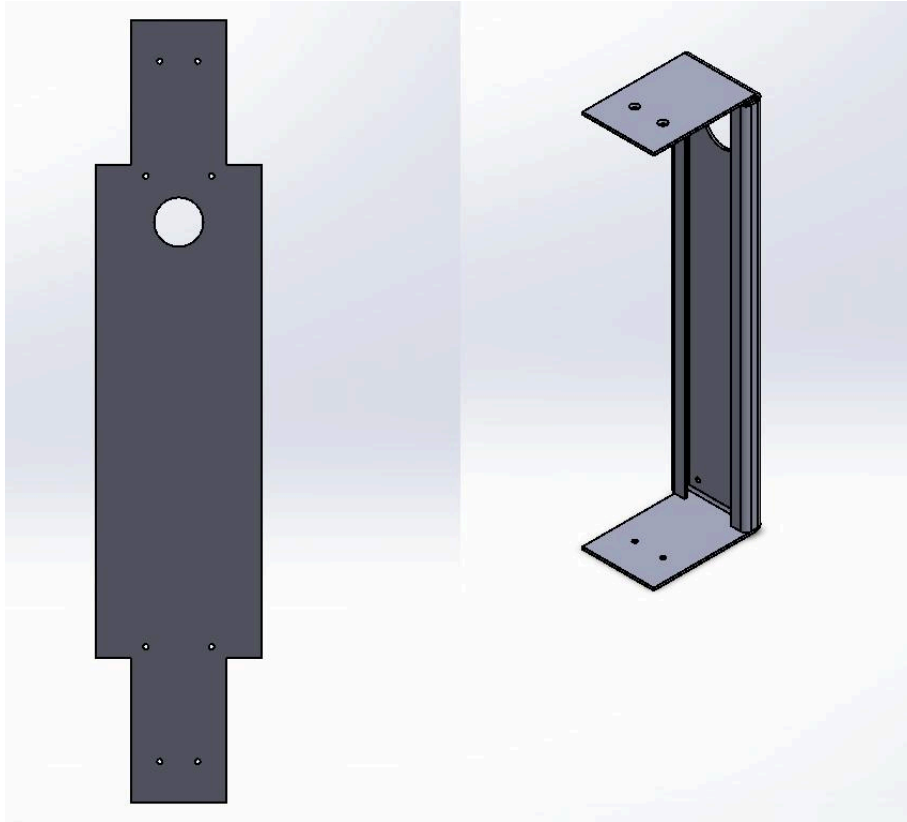


Figura 22: Pieza 5 - Cassette de desinfección

- **Caja de conexiones**

Una simple caja metálica con el cometido de albergar las conexiones de los tres cassettes y del ventilador a la toma de corriente, se diseñó teniendo en cuenta el espacio necesario para instalar un regulador de voltaje, cuya misión será limitar la velocidad del ventilador con el objetivo de estudiar diferentes flujos y caudales de aire.

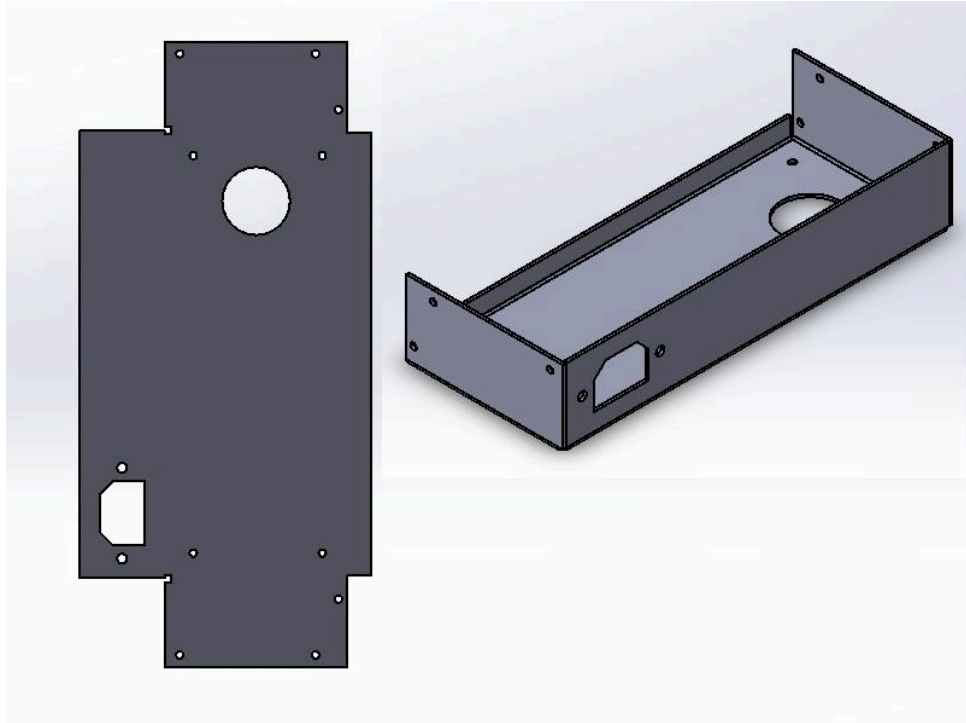


Figura 23: Pieza 1 - Caja de conexiones

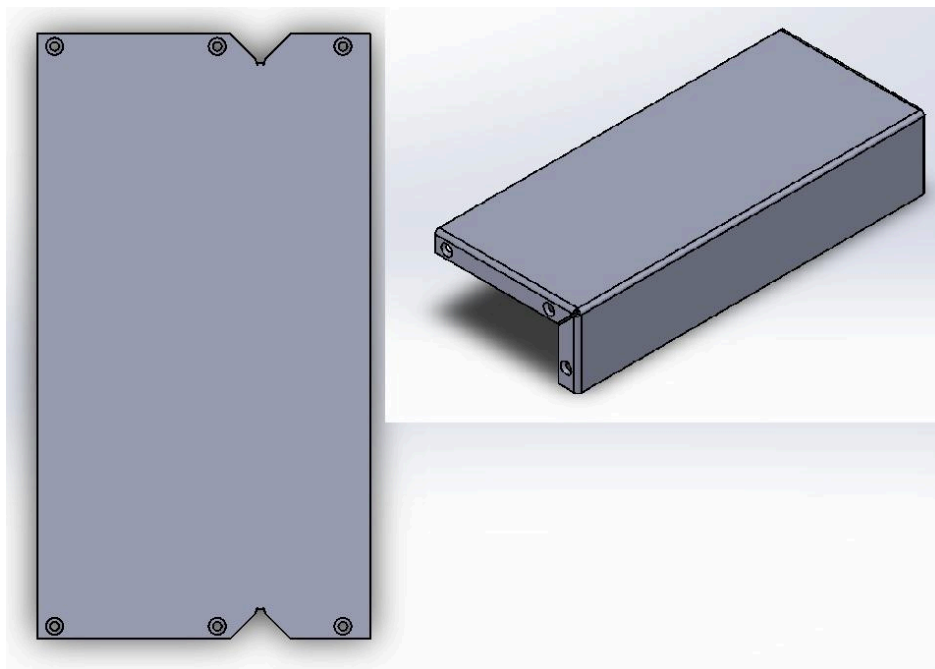


Figura 24: Pieza 2 - Caja de conexiones

- Ventilador

Se montó un ventilador de la marca comercial S&P HXM-200, el cual estaba destinado a ser un extractor de pared, cuya ficha técnica está disponible en la sección de anexos del proyecto.



Figura 25: Ventilador S&P HXM-200

Se escogió este modelo porque era el que más se adapta a las dimensiones que se le requieren al prototipo sin sacrificar el caudal máximo de aire que nos puede dar y, teniendo en cuenta, que no siempre se va a trabajar a este caudal máximo, sino que se buscará un caudal óptimo de trabajo o, en caso de que se instale en una zona que requiera de una cierta discreción, por ejemplo, que no emita un ruido excesivo o molesto.

- Rejilla

Se montó una rejilla acorde al hueco de salida que define la geometría del prototipo, adaptando dicha boca de salida a la rebaba de la rejilla correspondiente a la zona de anclaje de la misma.

La misión principal de la rejilla es proteger al usuario de ver la luz UV, emitida por las lámparas dentro del aparato y la misión secundaria, como toda rejilla de ventilación, es distribuir el aire en una dirección determinada.

3.3. Selección de material

Dado que el presente trabajo se centra en el desarrollo de un prototipo, la elección de materiales no tiene por qué coincidir con la de un producto final destinado a su comercialización. No obstante, resulta fundamental que la selección realizada en esta fase establezca una línea de diseño coherente, tanto en términos de funcionalidad como de viabilidad industrial.

En este sentido, se optó por utilizar aluminio 1050 como material constructivo principal para el cuerpo del prototipo. Esta elección responde a varios criterios de ingeniería:

- Ligereza: el aluminio presenta una densidad reducida respecto a otros metales, lo que facilita el transporte, manipulación y montaje del prototipo.
- Resistencia mecánica adecuada: aunque no es la aleación de aluminio de mayores prestaciones, el 1050 ofrece propiedades suficientes para soportar esfuerzos y garantizar la rigidez estructural requerida.
- Resistencia a la corrosión: una característica esencial para equipos destinados a operar en ambientes interiores con flujo de aire constante.
- Viabilidad económica: el aluminio, en comparación con otros materiales metálicos o compuestos, resulta más económico y accesible, lo que lo convierte en una opción adecuada para fases de diseño y prototipado.

En conclusión, aunque en una futura industrialización del sistema podrían explorarse otras alternativas de aleaciones o materiales, la elección del aluminio 1050 representa una decisión equilibrada que prioriza ligereza, resistencia y coste, aspectos clave en la concepción inicial del prototipo.

3.4. Modelado 3D con SolidWorks

El diseño del prototipo se ha llevado a cabo mediante el software de diseño asistido por ordenador SolidWorks, con el objetivo de representar de manera precisa todos los componentes y verificar su integración en un conjunto funcional. El modelado 3D ha permitido visualizar la geometría del sistema, detectar interferencias entre piezas, obtener planos de fabricación, además de servir como base para posteriores simulaciones de flujo de aire.

En el modelo se incluyeron tanto los elementos principales como los secundarios del prototipo. Entre ellos destacan el cuerpo estructural, el ventilador, los “cassettes” con el sistema fotocatalítico con lámpara UV y catalizador, y los componentes eléctricos básicos necesarios para su funcionamiento, excluyendo eso sí, todo el entramado de cables que, pese a no aparecer, sí se tuvo en cuenta en el diseño a la hora de dejar el espacio suficiente para trabajar. Se añadieron además elementos auxiliares, como la rejilla de salida y caja de conexiones, con el fin de prever su montaje y facilitar el mantenimiento.

La definición geométrica de cada componente se realizó tomando como referencia las dimensiones reales de los elementos comerciales seleccionados, lo que garantiza que el prototipo resultante pueda construirse sin modificaciones posteriores. Se prestó especial atención a la compacidad del diseño y a la facilidad de montaje, buscando una disposición modular que permita reemplazar componentes de manera sencilla en futuras fases de desarrollo, esta última característica fue el principal detalle que se tuvo en cuenta a la hora del diseño de los “cassettes”, ya que se buscaba tener un elemento completamente extraíble al cual se le pudiera hacer el mantenimiento de lámparas y elementos eléctricos.

El modelo 3D sirvió igualmente como punto de partida para el análisis del flujo de aire mediante SolidWorks Flow Simulation, herramienta con la que se evaluó la distribución del caudal en el interior del prototipo y su efecto en la eficiencia germicida.

Finalmente, el modelado permitió obtener representaciones visuales, vistas explosionadas y planos de detalle, útiles tanto para la fase de construcción como para la documentación del presente trabajo.

3.5. Criterios de diseño

En primer lugar, la geometría general del dispositivo se ha definido a partir de las dimensiones del ventilador seleccionado, ya que este constituye el elemento principal para generar el flujo de aire necesario en el interior del sistema. Sus medidas condicionan el espacio disponible para el resto de los componentes y han determinado la sección de paso y la disposición del conducto.

De forma complementaria, el sistema catalítico con lámpara ultravioleta ha sido otro factor clave en el diseño. La lámpara UV, junto con el soporte del catalizador, presenta unas dimensiones mínimas y unos requisitos de distancia respecto al flujo de aire que han obligado a ajustar la longitud del conducto y la colocación de los elementos internos. Se ha buscado una configuración que maximice la exposición del aire al campo fotocatalítico sin comprometer el caudal.

En consecuencia, el diseño global del prototipo responde a un equilibrio entre dos condicionantes principales:

- El ventilador, que define el caudal de aire y la sección necesaria para un funcionamiento óptimo.
- El sistema catalítico con lámpara, que establece la zona de tratamiento y condiciona la longitud del conducto para garantizar una dosis adecuada de radiación.

La integración de ambos elementos ha guiado todas las decisiones de diseño mecánico, asegurando que el prototipo mantenga unas dimensiones compactas, facilite el montaje de los componentes y garantice tanto la eficacia germicida como la seguridad del sistema.

4. Análisis del flujo de aire

La correcta distribución del flujo de aire es un aspecto fundamental en el funcionamiento del prototipo, ya que de él depende que el caudal atraviese de manera uniforme la zona de irradiación y entre en contacto con la superficie catalítica. Una distribución adecuada garantiza que el aire tratado reciba la dosis necesaria de radiación UV, optimizando así la eficiencia germicida del sistema.

Con este propósito, se ha realizado un estudio del comportamiento del aire en el interior del prototipo mediante herramientas de simulación en SolidWorks Flow Simulation, lo que permite predecir caudales y distribución del flujo basándose en la tipología del ventilador, en esta caso axial, y en las velocidades de entrada del aire. Estos resultados sirven como base para evaluar la efectividad del sistema y comprobar si el diseño cumple con los requisitos de desinfección planteados.

4.1. Cálculo de caudal, velocidades y distribución del aire

En este apartado se definen los parámetros necesarios para la simulación del flujo de aire, tomando como referencia las fichas técnicas del ventilador y de la rejilla de ventilación:

- La velocidad de salida del ventilador se determina a partir de dos valores: el caudal y el diámetro, datos aportados por la ficha técnica:

$$Q = 470 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

Con esto se estima una velocidad de: $v = 4,1557 \text{ m/s}$.

- La rejilla de ventilación cuenta con una superficie útil de 627 cm^2 .

Considerando estos datos, el dispositivo opera a una velocidad máxima aproximada de $4,2 \text{ m/s}$ con una sección de entrada de $0,0032 \text{ m}^2$ y salida de $0,0063 \text{ m}^2$, lo que permite calcular el caudal de aire impulsado teórico de salida.

Teniendo en cuenta la ecuación de conservación de la masa, que nos dice que la relación entre las velocidades de entrada y salida de un conducto es igual a la relación entre sus áreas respectivas de entrada y salida, podremos determinar la velocidad de salida teórica como:

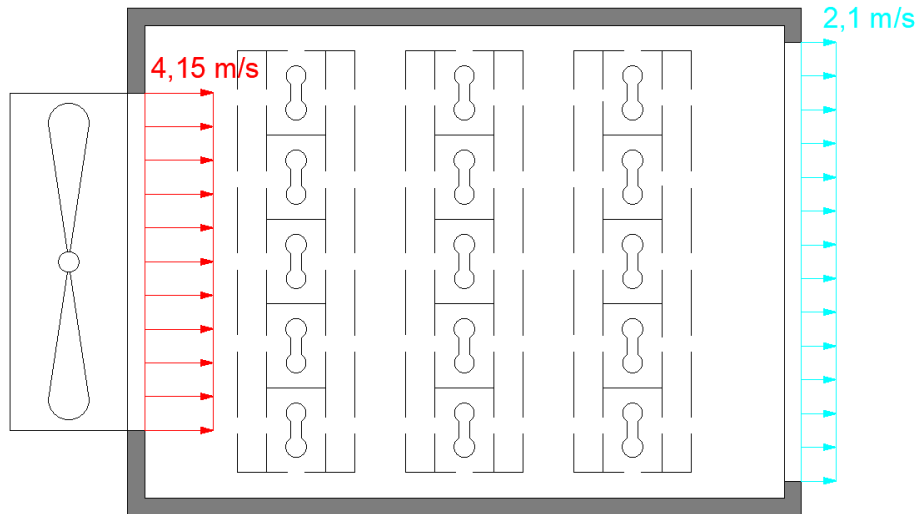


Figura 26: Diagrama del problema de Mecánica de Fluidos

$$\frac{d}{dt} \int_{vc} \rho dV + \int_{sc} \rho \cdot (\bar{v} \cdot \bar{n}) dA = 0 \quad (7)$$

$$Q_e = Q_s \rightarrow v_{max,e} \cdot Ap_e = v_{max,s} \cdot Ap_s \rightarrow 4,2 \text{ (m/s)} \cdot \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \text{ (m}^2\text{)} = v_{max,s} \cdot 0,063 \text{ (m}^2\text{)} \rightarrow$$

$$v_{max,s} = 2,094 \sim 2,1 \text{ m/s}$$

Con esta velocidad teórica de salida y sabiendo que se cumple la ecuación de conservación de la masa se puede afirmar que el caudal de aire que trata el prototipo son $470 \text{ m}^3/\text{h}$.

Finalmente, y con base en estos parámetros, se evalúan diferentes escenarios de funcionamiento: la velocidad máxima, dos rangos de velocidad media (superior e inferior) y una velocidad baja, con el objetivo de analizar cómo varía la distribución del flujo de aire. Para ello, se emplea el software SolidWorks Flow Simulation como herramienta de apoyo al análisis.

4.2. Modelado de simulación de flujo de aire con SolidWorks

En este apartado se desarrolla el estudio que se ha hecho usando SolidWorks Flow Simulation para determinar si el régimen de tránsito del aire en el interior del prototipo es

laminar, de esta forma se podría estimar el porcentaje de aire que atraviesa el sistema de desinfección y que, por tanto, se trata adecuadamente.

Lo que se busca a través de la simulación es comprobar si las velocidades que nos aporta el ventilador en el conducto generan en alguno de sus rangos, generalmente en los más altos, flujo turbulento y determinar así el rango de velocidades con las que podemos trabajar de forma eficiente, es decir, laminar, y qué efecto tendría la variación de estas velocidades en la dosis germicida y en la estabilización de la curva de desinfección.

Esta simulación requiere un gran coste computacional, por tanto, se va a comenzar simulando la velocidad máxima que nos aporta el ventilador, como se dijo en el apartado anterior, 4,2 m/s. En caso de que esta velocidad nos aporte un flujo laminar, el estudio se dará por concluido ya que, como dicta la mecánica de fluidos, el régimen de tránsito de un fluido a través de un conducto está directamente relacionado con la velocidad con la que se desplaza el fluido, de esta forma si a velocidad máxima el flujo es laminar también lo será a menores velocidades.

Para realizar la simulación hay que determinar un dominio computacional, cuanto más ajustado sea este más real será el flujo simulado y menor el coste computacional de la operación.

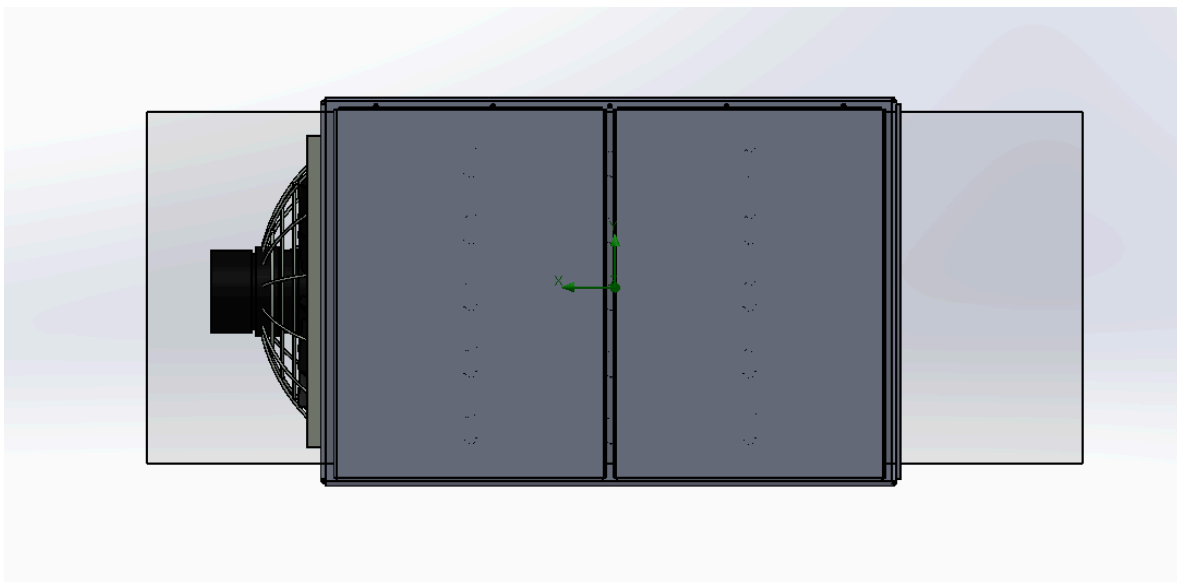


Figura 27: Vista lateral del dominio de cálculo para la simulación de flujo de aire

El sombreado de la figura anterior nos muestra el dominio computacional que se ha elegido, pero claro, al estar estudiando un conducto estanco no nos permite ver dentro del mismo. Hay que hacerle una vista seccionada, como se ve en la siguiente figura.

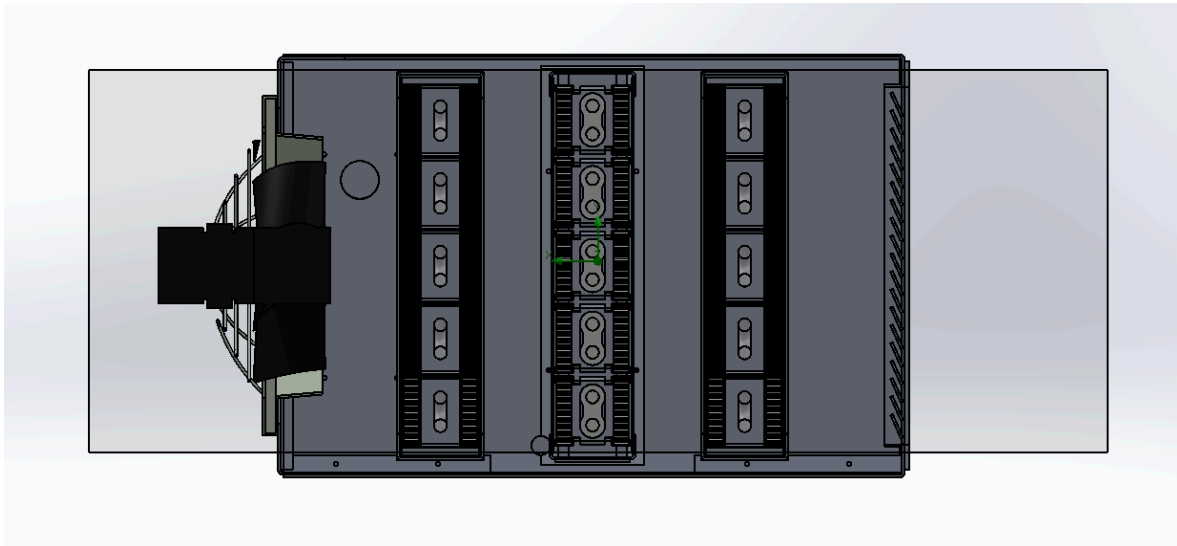


Figura 28: Vista lateral seccionada del dominio de cálculo para la simulación de flujo de aire

Tras esto hay que modelar los parámetros físicos que definen el ventilador, como tipo de ventilador, diámetro de salida, diámetro del buje central, revoluciones máximas y curva de Presión-Caudal. Estos parámetros se deben consultar en la ficha técnica del dispositivo, disponible en los anexos del trabajo.

Items		Item Properties	Tables and Curves
Property	Name	Value	
	Name	S&P-HXM200	
	Comments		
	Fan Type	Axial	
	Set up reference density	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Reference density	1.2 kg/m ³	
	Mass/Volume flow rate	Mass flow rate	
	Value	(Table)	
	Rotor speed	141.4 rad/s	
	Outer diameter	0.2 m	
	Hub diameter	0.065 m	
	Direction of rotation	Clockwise	

Figura 29: Tabla de parámetros del ventilador para la simulación de flujo de aire

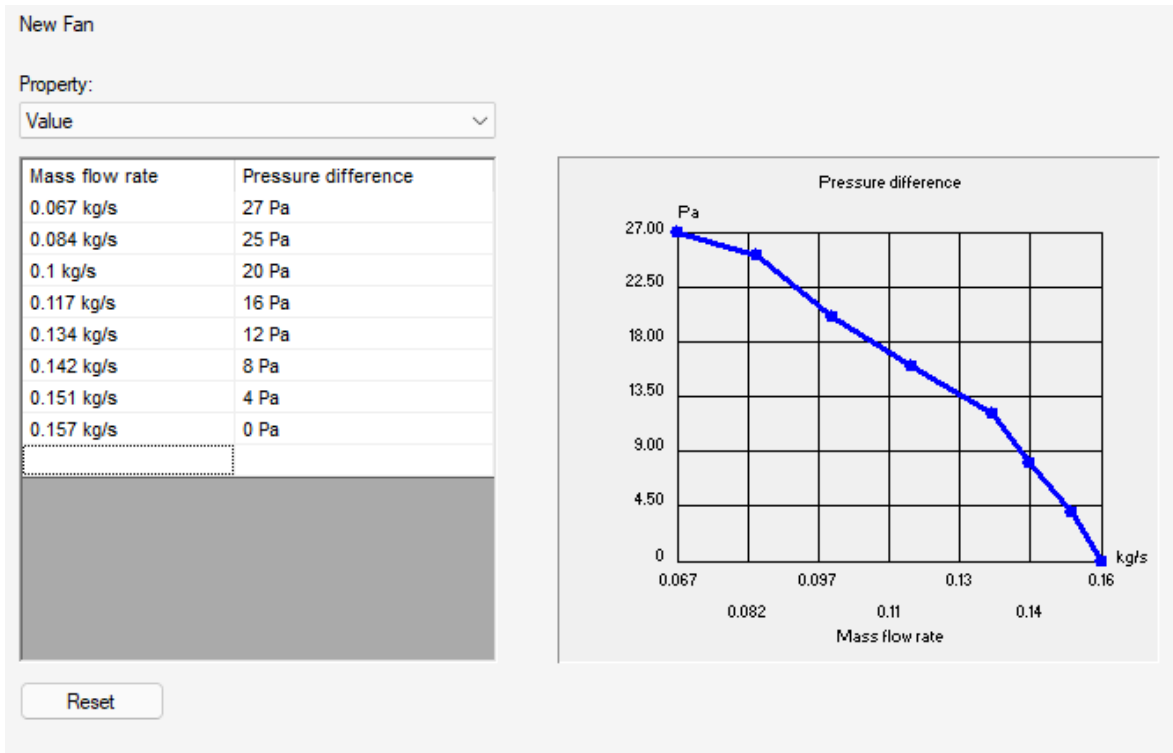


Figura 30: Tabla de diagrama Pa/(kg/s) del ventilador

Con esto tendríamos todos los parámetros para comenzar la simulación, en este caso solo vamos a solicitar que el cálculo nos muestre ‘source lines’ o ‘líneas de trayectoria’ para corroborar que tipo de flujo se da en el interior del prototipo ante la máxima velocidad del ventilador.

El ensamblaje que corresponde al prototipo se trata de un elemento complicado con muchas piezas y componentes, con el objetivo de aligerar la carga computacional de la simulación, se diseña un ensamblaje más sencillo en el que solo se tienen en cuenta los parámetro que entran en conflicto con el flujo de aire, a saber, las tres partes internas de los cassettes en las que se alojan los sistemas de desinfección y una simplificación del cuerpo del prototipo idéntico en geometría, pero completamente estanco como se puede ver en la siguiente figura.

El ensamblaje completo del prototipo constituye un sistema complejo debido al elevado número de piezas y componentes de complicada geometría que lo integran. Con el fin de

reducir la carga computacional en el proceso de simulación, se ha desarrollado un modelo simplificado que considera únicamente los elementos que afectan directamente al comportamiento del flujo de aire, como se ve en la siguiente figura.

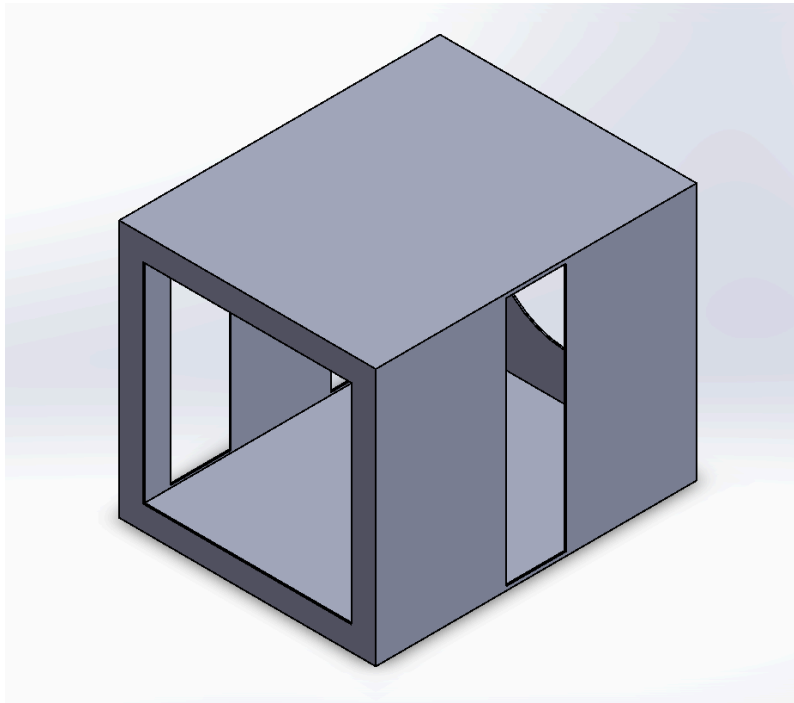


Figura 31: Contorno simplificado para el cálculo de la simulación de flujo de aire

Seguidamente se incluyen en el modelo las tres secciones internas de los cassettes, donde se alojan los sistemas de desinfección, así como una representación simplificada del cuerpo del prototipo como un conducto, manteniendo su geometría original pero concebido como un volumen completamente estanco, tal y como se muestra en la figura siguiente.

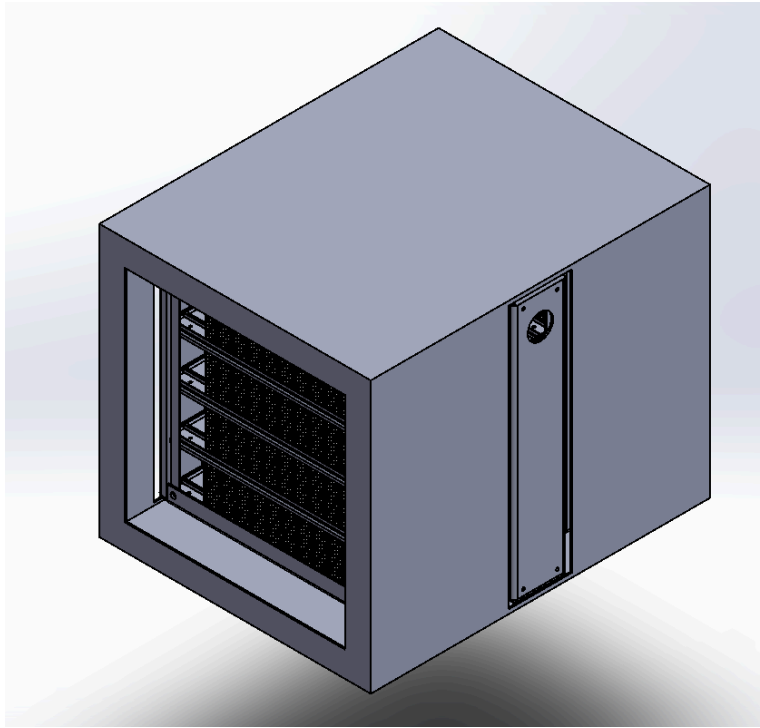


Figura 32: Elementos de cálculo para la simulación de flujo de aire

Como se puede observar en la imagen anterior, el modelo inicial presentaba una serie de huecos en la geometría completa del ensamblaje que comprometerían seriamente la validez de la simulación. Estos espacios abiertos, aunque pequeños, son detectados por el software de cálculo como posibles vías de fuga, lo que daría lugar a resultados erróneos en términos de distribución de trayectorias del flujo de aire. Para solventar este inconveniente, se emplea el comando “Create Lids”, una herramienta que permite generar superficies de cierre en las zonas libres del modelo sólido. De este modo, se consigue que el conducto quede completamente estanco, garantizando que el aire se vea obligado a circular únicamente por las trayectorias de interés.

Además, para facilitar la comprensión de la imagen y mejorar la visualización del efecto del comando, se optó por desactivar temporalmente el conjunto de los cassettes en la vista gráfica. Esta decisión permite apreciar con mayor claridad cómo se han generado las superficies de cierre y cómo el volumen interno queda delimitado, preparando el modelo

para ser sometido al análisis de dinámica de fluidos. En definitiva, este paso resulta esencial, ya que asegura que los resultados de la simulación reflejará fielmente el comportamiento del aire en condiciones reales de funcionamiento.

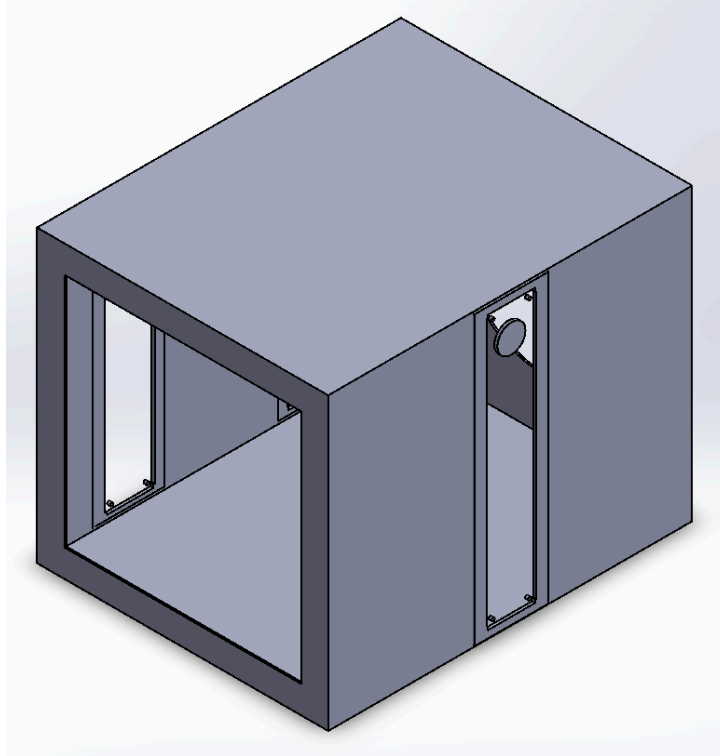


Figura 33: Detalle de las superficies de cierre para la simulación de flujo de aire

Para realizar la simulación se selecciona el parámetro del que se desea hacer el seguimiento, en este caso la velocidad del flujo de aire que es la que define el régimen de tránsito como laminar o turbulento. Se selecciona el número de puntos de los que se va a hacer el seguimiento de su trayectoria a través del prototipo, en este caso 50 puntos, tras la realización de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados correspondientes de las trayectorias del flujo de aire:

Para llevar a cabo la simulación se parte de la definición de los parámetros principales a monitorizar, siendo en este caso la velocidad del flujo de aire el valor seleccionado como referencia. Esta elección no es casual, ya que la velocidad del aire constituye uno de los factores clave a la hora de determinar el régimen de circulación dentro del prototipo,

diferenciando entre un comportamiento laminar, en el que las partículas de aire se desplazan en trayectorias paralelas y ordenadas; o turbulento, caracterizado por movimientos caóticos, remolinos y pérdida de energía.

Con el objetivo de representar este fenómeno de forma precisa, se define un número determinado de puntos de seguimiento de trayectoria o flow trajectories, que permiten visualizar cómo se desplaza el aire desde la entrada del prototipo hasta su salida. En esta simulación se seleccionaron 50 puntos, una cantidad adecuada para obtener una visión clara y representativa del comportamiento del flujo sin sobrecargar innecesariamente el cálculo computacional. Cada uno de estos puntos actúa como un marcador virtual que sigue el recorrido de una partícula de aire a través del sistema, mostrando con detalle cómo las geometrías internas, teniendo en cuenta el tránsito a través de los cassettes y el cuerpo del dispositivo, los cuales afectan al movimiento del fluido.

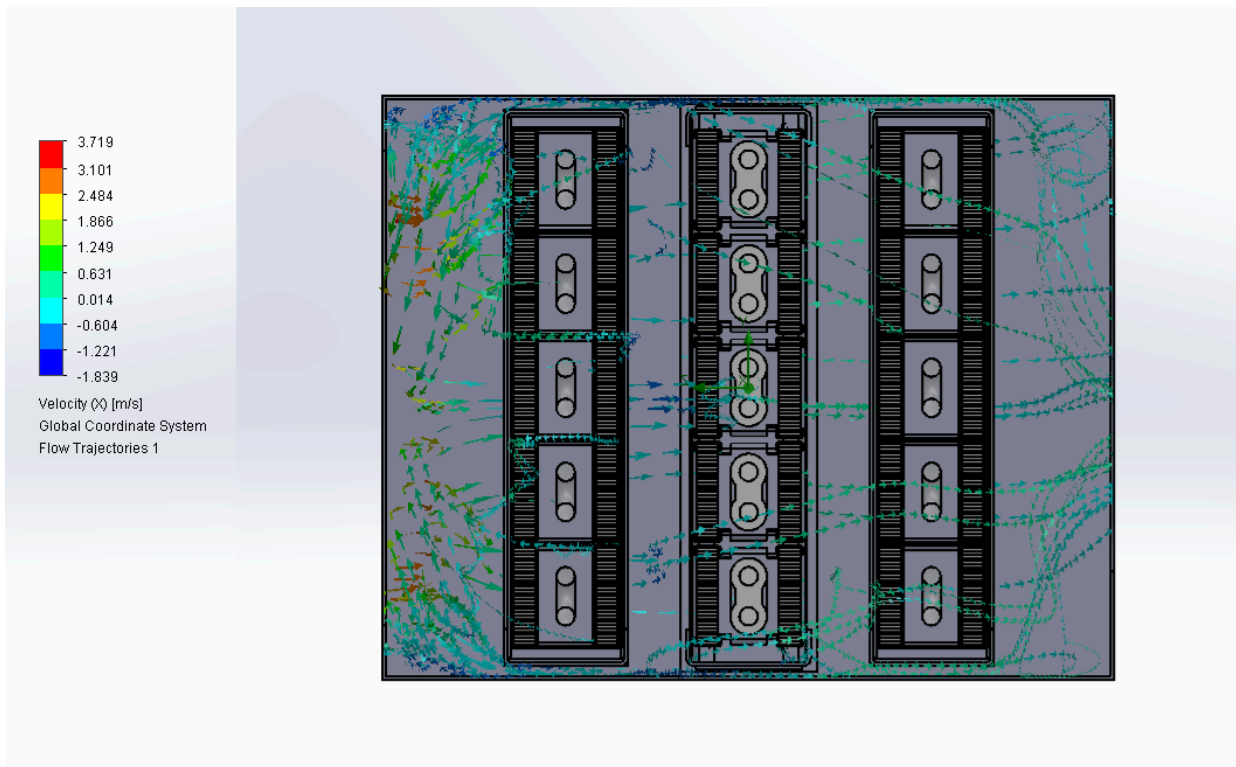


Figura 34: Resultado de la simulación del flujo de aire

Del análisis de la simulación se observa que, en la zona de entrada, el flujo presenta una marcada turbulencia, originada por la forma en que el ventilador axial impulsa el aire hacia el conducto, un efecto inherente a este tipo de dispositivos y, por tanto, difícilmente evitable. Sin embargo, al atravesar el sistema de cassettes, el comportamiento del flujo se estabiliza adoptando un carácter predominantemente laminar, lo que favorece la eficacia del proceso de desinfección. En la salida, se aprecian ligeras turbulencias localizadas en las esquinas del lado derecho de la figura, así como en los espacios superior e inferior entre los cassettes y el cuerpo del prototipo. Estas turbulencias no representan un inconveniente significativo, dado que el aire en dichas zonas no recibe directamente la irradiación de la lámpara UV; por el contrario, podrían incluso contribuir positivamente al promover la recirculación del aire a través de alguno de los tres cassettes.

Como conclusión a este apartado, la geometría del prototipo y de los cassettes permiten que, pese a la turbulencia inicial del ventilador, el flujo de aire se estabilice de forma laminar en la zona activa de desinfección, lo que asegura una exposición homogénea al sistema fotocatalítico. Además:

Las turbulencias residuales en la salida y en los huecos periféricos no afectan de manera negativa al proceso, ya que no corresponden a zonas de irradiación directa. Incluso, estas pequeñas turbulencias pueden ser beneficiosas, ya que favorecen la recirculación del aire dentro del sistema, aumentando la probabilidad de que el aire pase nuevamente por los cassettes y reciba tratamiento adicional.

4.3. Efecto del flujo sobre la eficiencia germicida

El efecto del flujo de aire sobre la eficiencia de la desinfección depende fundamentalmente de dos factores: el volumen de aire a tratar y el tiempo disponible para su tratamiento. Con el fin de responder a estas variables, el prototipo se ha diseñado con un carácter escalable, de manera que es posible activar un número determinado de equipos en función de las necesidades de cada tarea.

A modo de ejemplo, si se tuviera que hacer un tratamiento en un espacio como podría ser: una habitación doble estándar de un hospital, haciendo una estimación de sus medidas, de

entre $25-27 \text{ m}^2$ de superficie y una altura de $2,5-2,7 \text{ m}$, estaríamos hablando de un volumen de unos 60 m^3 .

Según el desarrollo del apartado anterior, a velocidad máxima, el prototipo ofrece un caudal de aire de $470 \text{ m}^3/\text{h}$.

De esta forma se podría asumir que en una hora se habría conseguido recircular a través del prototipo un volumen de aire equivalente a casi ocho veces el volumen de aire total de la estancia correspondiente al ejemplo.

De otra forma, si se quisiera realizar el tratamiento en una oficina digamos de unos 120 m^2 de superficie totalmente diáfana y con una altura también de $2,5-2,7 \text{ m}$, por lo que estaríamos trabajando con un volumen de 300 m^3 , en una hora se habrían logrado casi dos renovaciones del volumen del aire total de la oficina.

Finalmente, en cuanto a la eficiencia germicida, se podrá definir, en base al tipo de microorganismo que tenga el espacio sujeto a desinfección. En función de esto, se adecuará la dosis requerida y se podrá definir el número de equipos que estarán encendidos para alcanzar el nivel de desinfección adecuado.

En calidad de resumen, la siguiente tabla nos muestra el número de renovaciones de aire que el prototipo consigue en una hora de trabajo:

Volumen a tratar (m^3)	Caudal máx. prototipo (m^3/h)	Renovaciones por hora
60	470	7.84
120	470	3.92
240	470	1.96
480	470	0.98

Los resultados obtenidos muestran que el prototipo es capaz de generar una tasa de renovaciones de aire por hora suficiente para abordar de manera efectiva la desinfección de recintos de diferentes volúmenes. De este modo, en función de la dosis germicida, es

posible que incluso en un breve espacio de tiempo se alcance un nivel de tratamiento adecuado, lo que denominaremos un “tratamiento de choque”.

Si necesitáramos tratar un espacio con un volumen como el del primer ejemplo, podríamos reducir el tiempo que está actuando el prototipo si adecuamos la dosis encendiendo más de un cassette, de esta forma el aire tratado pasaría por uno ,dos o hasta tres procesos de fotocatalisis, aumentando así su carga antiviral y, por tanto, la de la estancia en un espacio más breve de tiempo, incluso si el aporte es tan elevado como se espera, se podría llevar a cabo la desinfección de un volumen de $60 m^3$ en una o dos renovaciones de aire, lo que supondría un total de 15 minutos.

5. Diseño del sistema de Fotocatalisis

5.1. Especificaciones de lámparas y componentes

En este apartado se presentan de manera general los componentes que integran el sistema de fotocatalisis. La descripción se realiza sin entrar en detalles técnicos específicos, en cumplimiento con el acuerdo de confidencialidad vigente, dado que se trata de una tecnología patentada por la empresa ‘CleanAir spaces’, en la que trabajo.

- Lámpara UV-C:
 - Potencia eléctrica: 21 W.
 - Emisión: cilíndrica, 360°
 - Alimentación: mediante balastro electrónico

- Catalizador:
 - Soporte: malla metálica recubierta con TiO_2 .
 - Función: al incidir la radiación UV, se producen pares electrón-hueco que reaccionan con O_2 y H_2O del aire, originando radicales y principalmente H_2O_2 .

- Otros componentes:
 - Conducto en aluminio sin recubrimiento interior: con cierta reflexión de la luz UV para favorecer el baño del catalítico.
 - Ventilador: para forzar la circulación de aire a través de la zona activa.
 - Sistema eléctrico y protecciones: descritas en el capítulo 6.

5.2. Cálculo de dosis germicida

El sistema fotocatalítico tiene dos elementos de acción principales, la acción directa de la luz UV sobre los microorganismos que se encuentran en suspensión en el aire que atraviesa el prototipo y la producción de H₂O₂, la dosis germicida no depende únicamente de la irradiancia UV recibida por los microorganismos, sino de la concentración de compuestos oxidantes generados y del tiempo de exposición del aire a dichas compuestos.

- Mecanismo principal:
 - $UV + TiO_2 \rightarrow H_2O_2$
 - El H₂O₂ actúa como oxidante estable que se acumula en el flujo de aire, aumentando la eficacia germicida.
- Factores de cálculo:
 - Irradiancia efectiva (E) sobre el catalizador: determinada por la lámpara (21 W) y la geometría.
 - Tiempo de residencia (τ) del aire en la zona activa:

$$\tau = V_{zona} (m^3) / Q_{aire} (m^3/h) \quad (8)$$

- Concentración de H₂O₂ generada (C_{H2O2}): depende de la eficiencia fotocatalítica y de la humedad relativa.
- Dosis germicida equivalente (D):

$$D \simeq C_{H_2O_2} \cdot \tau \quad (9)$$

donde D se expresa como exposición acumulada de oxidante (ppm·h).

- Objetivo de diseño: consiste en alcanzar concentraciones de H₂O₂ que resulten eficaces para la desinfección, manteniendo en todo momento los valores dentro de los límites establecidos por la normativa. Esta establece que no debe superarse una concentración de 1 ppm en un periodo de ocho horas, recomendando de forma general no sobrepasar el 10% de dicho valor. Por lo que el prototipo debe estar preparado tanto para hacer un trabajo de desinfección constante y controlado sin exceder estos valores, como para realizar un tratamiento de choque en un volumen reducido alcanzando estos valores límite en el menor tiempo posible.

Se tiene constancia que un dispositivo ductFIT100, iguales que los que monta el dispositivo, posee una generación de peróxido de 0,01 ppm en veinte minutos y de 0,02 ppm en cuarenta minutos, la curva de producción se estabiliza casi en 0,03 ppm a las ocho horas de funcionamiento, siendo estas unas medidas realizadas en los Laboratorios Himalaya [8]. Por lo que, si el equipo monta cinco equipos por cassette, un cassette debería generar 0,05 ppm en veinte minutos y 0,1 ppm en 40 minutos, siendo estos valores una mera hipótesis pendiente de confirmación tras la construcción y medición del prototipo, ya que no solo dependerá del número de equipos sino también del número de partículas de agua y la concentración de oxígeno que se den en el aire que se está tratando y, por tanto, la humedad relativa de la zona jugaría un valor clave en la generación de esta dosis germicidas y desinfectantes.

5.3. Riesgos del sistema UV

Los principales riesgos para la salud que entraña un sistema de desinfección asociado a la radiación UV-C son:

Lesiones en piel y ojos en caso de exposición directa:

- Requiere diseño cerrado y opaco del conducto.

Riesgos asociados al H₂O₂

- A bajas concentraciones (<1 ppm) es seguro para ocupación continua, pero concentraciones más elevadas pueden causar irritación en vías respiratorias, ojos y piel.
- Es necesario controlar la producción de H₂O₂ para evitar acumulación excesiva en espacios cerrados.

Medidas de mitigación

- Sistema completamente sellado, con flujo forzado que impide fuga de radiación.
- Dimensionamiento del prototipo para que la concentración de H₂O₂ en aire tratado no supere los límites de exposición ocupacional: TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average) = 1 ppm, según ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
- Posible integración de sensores de H₂O₂ en versiones futuras para verificar la seguridad.
- Protocolos de mantenimiento para sustituir lámparas y limpiar catalizadores sin riesgo para el operario.

6. Diseño del sistema eléctrico

El sistema eléctrico constituye un elemento fundamental del prototipo, ya que garantiza la correcta alimentación y funcionamiento tanto del sistema de fotocátalisis (lámpara UV y balastro) como de los elementos auxiliares (ventilador y dispositivos de control).

El diseño se ha realizado con el objetivo de asegurar la fiabilidad, la seguridad y la simplicidad de montaje, contemplando posibles pérdidas, protecciones frente a sobrecargas y facilidad de mantenimiento.

6.1. Descripción del circuito eléctrico

El circuito eléctrico del prototipo se alimenta mediante un schuko de conexión estándar a la toma de corriente de 230V AC, que posteriormente se distribuye hacia los diferentes subcircuitos que conforman el circuito principal:

- Circuito Principal: se basa en tres subcircuitos de cassettes, formados por lámparas y balastos, con sus correspondientes interruptores para su encendido en caso de que sea necesario su uso, y el ventilador con su regulador de voltaje.

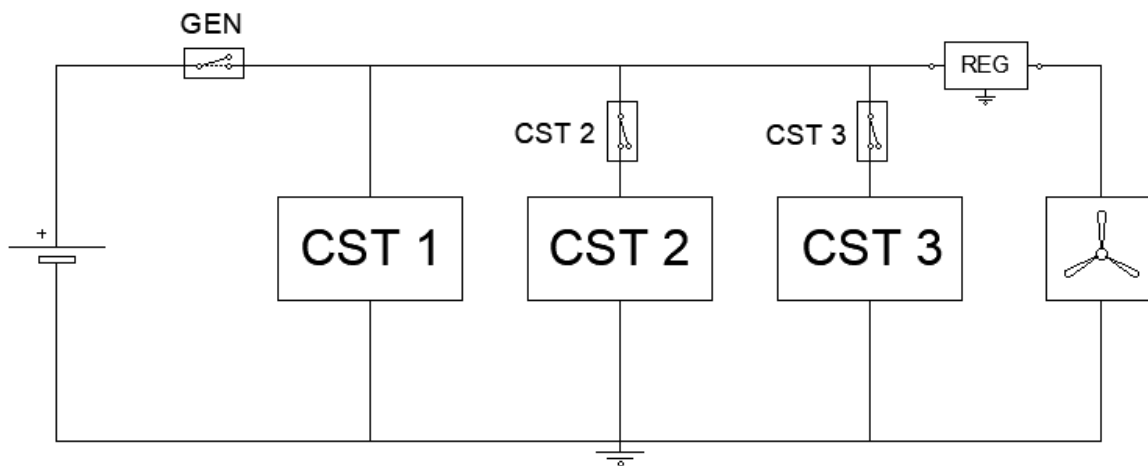


Figura 35: Circuito eléctrico general simplificado

En la siguiente imagen se presenta el esquema conceptual del montaje correspondiente al circuito eléctrico principal, ubicado en el interior de la caja de conexiones del prototipo.

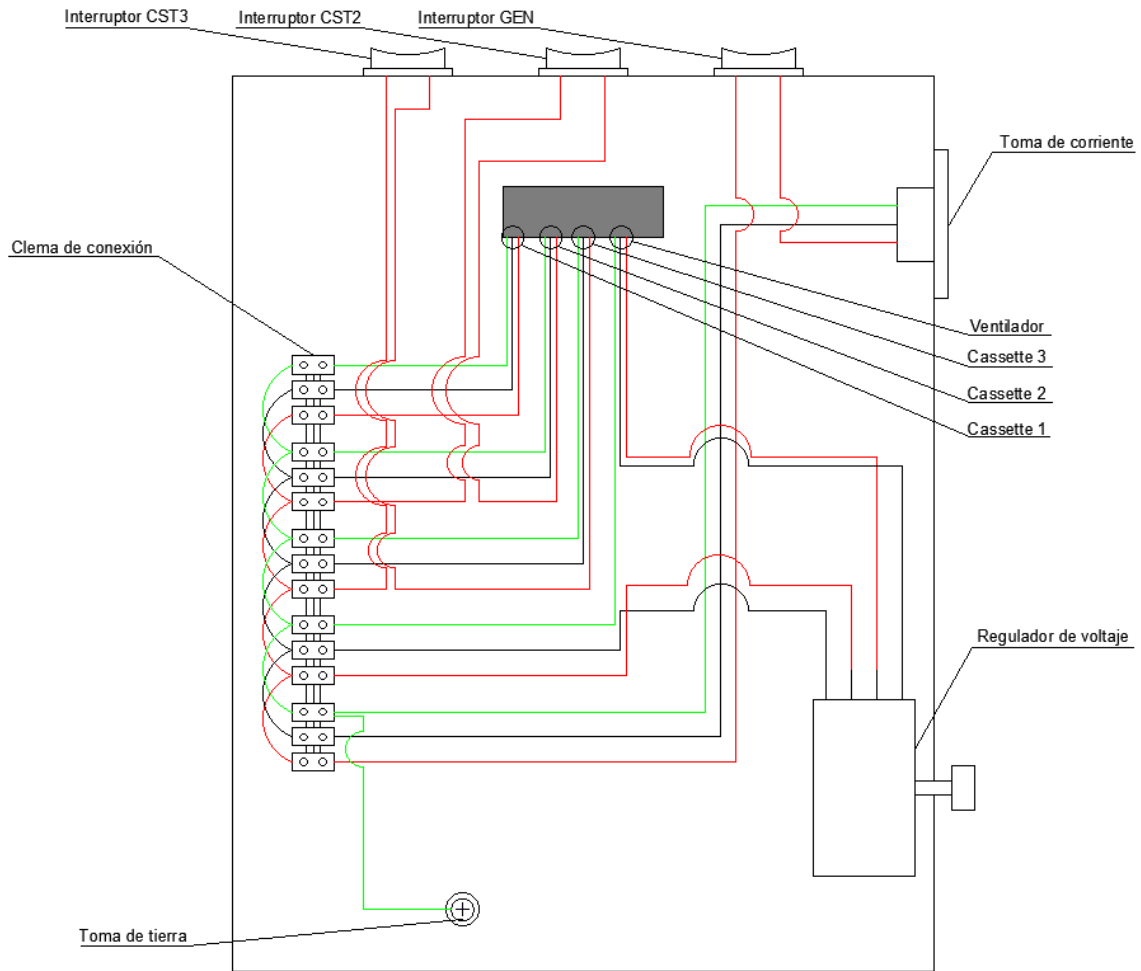


Figura 36: Esquema conceptual del montaje de la caja de conexiones

En dicho esquema se representan de forma clara las llegadas de los cuatro tríos de conductores, que corresponden a los tres cassettes del sistema de desinfección (Cassette 1, Cassette 2 y Cassette 3) y al ventilador. Estos conductores provienen directamente del interior del cuerpo del prototipo, protegidos de la luz ultravioleta en su paso por el prototipo mediante carriles, y se conectan en la caja para organizar la distribución eléctrica de manera segura y accesible. En esta caja también se encuentra la toma de corriente tipo schuko incorporada en el prototipo, que actúa como punto de alimentación general del sistema, permitiendo una conexión sencilla y compatible con las instalaciones eléctricas convencionales, además de la toma de

tierra correspondiente, usando un tornillo para ello. La disposición de estos elementos facilita tanto el montaje como posibles labores de mantenimiento o sustitución, asegurando la operatividad del conjunto.

- Circuitos de Cassettes: están dispuestos en paralelo los balastros con sus lámparas correspondientes y el interruptor que las activa como se puede ver en el esquemático del circuito.

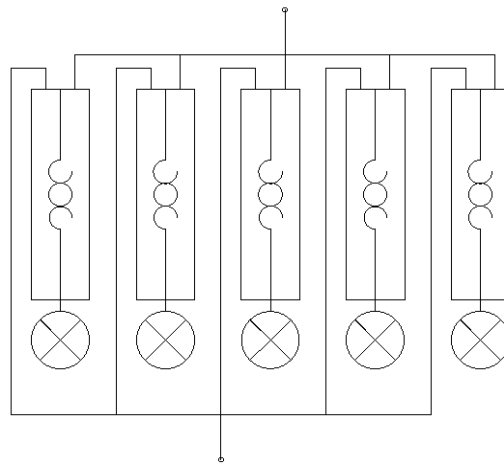


Figura 37: Circuito eléctrico correspondiente a un Cassette de desinfección

De manera análoga al esquema del circuito principal, en este caso se representa el montaje eléctrico correspondiente a cada uno de los cassettes. En el diagrama puede observarse cómo todos los elementos quedan conectados en paralelo, de modo que la salida se resuelve mediante un conector al que llegan los tres conductores básicos: línea, neutro y tierra.

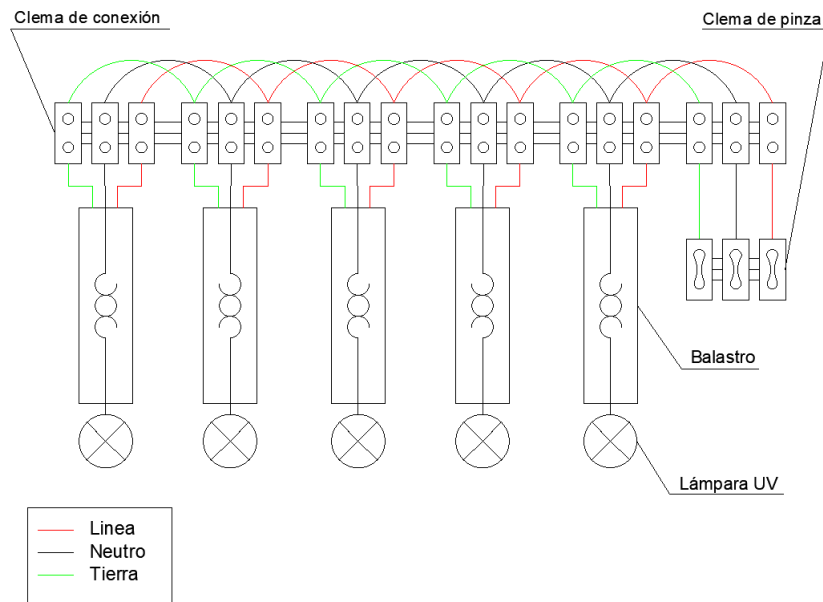


Figura 38: Esquema conceptual del montaje del circuito de un Cassette de desinfección

Para el prototipo se ha optado por emplear como medio de conexión y desconexión de cada cassette, con fines de mantenimiento, una regleta de resortes o conectores rápidos de cableado, como el que se muestra a continuación. Cabe señalar que esta solución, si bien resulta funcional en esta fase inicial, debe considerarse provisional, a la espera de implementar un sistema más robusto y definitivo en el diseño final.

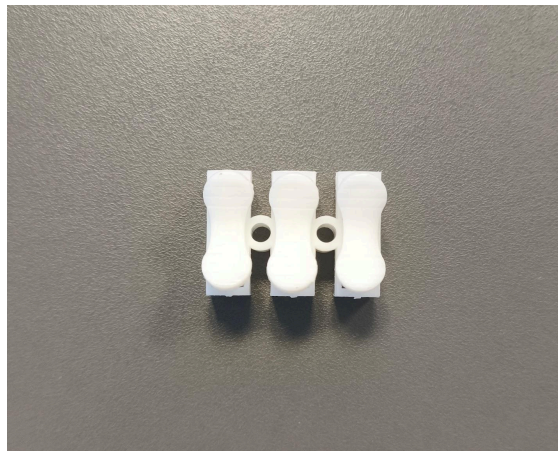


Figura 39: Regleta de bornes de resorte destinada a la conexión entre el cassette y el circuito principal

Por último y para matizar de manera esquemática, el recorrido de la energía a través del prototipo sería el siguiente:

Red eléctrica → Interruptor → Balastro → Lámpara UV

Red eléctrica → interruptor → Regulador de voltaje → Ventilador

Este esquema garantiza que todos los componentes dispongan de la alimentación adecuada y permite un funcionamiento independiente de cada subsistema. Como se puede ver, es un circuito primario y sencillo destinado a un prototipo con muchas opciones de seguir depurando buscando una versión final.

6.2. Descripción de los componentes del circuito

En este apartado se desglosan los principales componentes eléctricos que forman parte del circuito que da vida al prototipo, y son los siguientes:

- Lámparas UV: lámparas de desinfección tipo UV-C que funcionan con un consumo de 21W cada una.
- Balastro electrónico: regula la corriente de la lámpara UV, evitando picos de intensidad y garantizando su vida útil.
- Fuente de alimentación: se basa en una toma de corriente tipo schuko que dota al circuito de 230V de conexión directa, está situada en la caja de conexiones principal del prototipo .
- Ventilador eléctrico: su funcionamiento es con corriente alterna a 230V , por tanto, no necesita de un convertidor de tensión ni elementos protectores, este fue uno de los detalles por los que se eligió este componente, cuyo motor da consumo aproximado de 19W, aunque este ventilador puede llegar a consumir una potencia de 40W si se le aumenta la frecuencia de alimentación usando un Variador de Frecuencia (VDF).



- Interruptores y Regulador: permiten la desconexión manual de los sistemas modulables y lo protegen frente a sobrecargas o cortocircuitos, además también cuenta con un regulador de voltaje que permite moderar el caudal de aire que mueve el ventilador para poder adaptarse al flujo de aire que se requiera según el ámbito de uso.
- Cableado y conectores: seleccionados en función de la intensidad de corriente y del entorno de uso, garantizando la seguridad y la durabilidad del conjunto.

Por tanto, y para terminar, en base a lo detallado en este apartado se puede hacer una predicción del consumo que necesitará el prototipo a pleno rendimiento, siendo el consumo del ventilador de 19W y el de cada lámpara de 21W, se podría decir que cada uno de los cassettes consumirá un total de 105W, 315W en total, cuando trabajen los tres al mismo tiempo, más esos 19W que consume el ventilador, estamos hablando de 334W de consumo.

En base a lo expuesto en el apartado, es posible estimar el consumo del prototipo en condiciones de pleno rendimiento. El ventilador presenta un consumo de 19 W, mientras que cada lámpara UV-C requiere 21 W. Considerando que cada cassette integra cinco lámparas, su consumo total asciende a 105 W. De este modo, con los tres cassettes funcionando de manera simultánea, la potencia eléctrica demandada alcanza los 315 W, a los que se suman los 19 W correspondientes al ventilador. En conjunto, el consumo total estimado del prototipo es de aproximadamente 334 W.

7. Conclusiones

El dispositivo desarrollado a lo largo de este trabajo presenta un conjunto de características que lo convierten en una propuesta tecnológica con un alto potencial de aplicación práctica en el ámbito de la desinfección de espacios cerrados. En primer lugar, es importante destacar que el sistema se basa en un principio de funcionamiento que utiliza agentes germicidas generados de forma controlada, cuya naturaleza no resulta perjudicial para la salud de las personas ni de los animales en las condiciones de uso previstas. Esto supone una ventaja frente a otros métodos de desinfección tradicionales, como el empleo de ozono o ciertos productos químicos agresivos, cuya utilización en presencia humana está limitada por los riesgos derivados de la toxicidad que pueden presentar. El hecho de que la tecnología en la que se apoya este prototipo esté ya testada y demostrada como segura refuerza su viabilidad de implantación en entornos sensibles, como hospitales, clínicas, centros educativos, oficinas e incluso, tras una reestructuración, en los medios de transporte.

Un aspecto de gran relevancia en el diseño del prototipo es su facilidad de mantenimiento y operatividad, factores determinantes a la hora de valorar la viabilidad de cualquier dispositivo en un entorno real de uso. El sistema ha sido concebido para que las tareas de sustitución de los elementos críticos, como las lámparas UV, balastros electrónicos o los filtros auxiliares que pudieran incorporarse, se realicen de manera rápida y segura, reduciendo al mínimo los tiempos de inactividad. Asimismo, la simplicidad del diseño permite que la limpieza del cuerpo y de los cassettes se lleve a cabo con procedimientos rutinarios, simplemente desmontando el cassette, sin necesidad de equipamiento especializado. Esto no solo contribuye a prolongar la vida útil del equipo, sino que también facilita su implantación en espacios donde los recursos técnicos para el mantenimiento son limitados. La combinación de modularidad, accesibilidad y sencillez en las operaciones de servicio dota al dispositivo de una operatividad práctica y eficiente, que lo diferencia de otros sistemas más complejos y costosos en su manejo diario.

Otra de las principales fortalezas del sistema es su versatilidad de uso. El prototipo se ha concebido desde el inicio como un equipo modular, en el que se integran tres conjuntos de lámparas UV con encendidos independientes. Esta configuración permite ajustar la

intensidad del tratamiento de acuerdo con las necesidades específicas de cada situación. Por ejemplo, en escenarios en los que se requiere un mayor nivel de desinfección o una reducción rápida de la carga viral presente en el aire, es posible activar los tres módulos de manera simultánea, aumentando la dosis germicida administrada. Por el contrario, en contextos donde se precise únicamente un mantenimiento preventivo, se puede optar por activar uno o dos módulos, reduciendo tanto el consumo energético como la concentración de agentes activos en el ambiente, lo que refuerza la seguridad del sistema.

Asimismo, el diseño incluye la posibilidad de regular el caudal de aire impulsado por el ventilador, lo cual abre la puerta a una adaptación aún mayor. Esta característica permite trabajar a plena capacidad en aplicaciones de choque, donde se busque desinfectar rápidamente un espacio concreto de tamaño moderado, pero también operar de manera más discreta en entornos donde la prioridad es mantener un ambiente limpio y seguro de forma continua. Al reducir la velocidad de salida del aire no solo disminuye la exposición al flujo, sino también el nivel de ruido generado, lo que facilita la instalación en espacios ocupados de manera constante, como consultas médicas, oficinas o salas de espera, donde el confort acústico es un requisito esencial.

El prototipo no solo está orientado a usos puntuales de desinfección intensiva en volúmenes pequeños o medianos, sino que también se plantea como una herramienta capaz de sostener un tratamiento constante por sí solo en superficies más amplias. La clave está en su escalabilidad: al ser un equipo concebido como unidad modular, es posible implementar varias unidades de manera simultánea, ajustando el número de dispositivos activos según el volumen de aire que deba ser tratado. Este enfoque no solo mejora la eficacia en grandes espacios, sino que aporta flexibilidad económica, ya que cada instalación puede dimensionarse de acuerdo con las necesidades reales de la aplicación.

Desde el punto de vista práctico, esta versatilidad convierte al dispositivo en un candidato idóneo para múltiples sectores. En sanidad, podría utilizarse tanto en salas de hospitalización como en áreas críticas de tránsito, apoyando los protocolos de control de infecciones. En el ámbito educativo, ofrece una solución para mantener ambientes más seguros en aulas o bibliotecas, donde la concentración de personas suele ser elevada. En el transporte público, la capacidad de realizar tratamientos de choque en intervalos entre

trayectos podría contribuir de manera significativa a reducir la transmisión de agentes patógenos, de otra forma si se hiciera una versión más pequeña podría implantarse para su uso continuado durante el funcionamiento del vehículo. Incluso en el sector privado, su uso podría extenderse a oficinas, gimnasios o locales comerciales, donde la percepción de seguridad higiénica ha cobrado una gran importancia.

Por todo ello, el dispositivo diseñado se perfila como una propuesta equilibrada entre eficacia germicida, seguridad de uso y flexibilidad operativa. Su desarrollo como prototipo ha permitido comprobar que es posible integrar en un mismo sistema un mecanismo de desinfección altamente efectivo, basado en la acción combinada de radiación ultravioleta y fotocatalisis, con un control adaptable que lo hace viable en múltiples escenarios.

Además este no debe entenderse como un diseño cerrado, sino como la base para futuros avances tecnológicos en el campo de la desinfección por fotocatalisis. Una de las líneas de mejora más prometedoras es la integración de sensores inteligentes de calidad del aire, capaces de monitorizar en tiempo real la concentración de contaminantes o agentes patógenos y ajustar automáticamente la potencia de las lámparas y el caudal de aire en función de las necesidades del entorno. Finalmente, el desarrollo de algoritmos de optimización energética podría reducir el consumo eléctrico, reforzando el carácter sostenible de la tecnología. Estas mejoras proyectan al prototipo como una solución de futuro con capacidad para evolucionar y adaptarse a los nuevos retos de la salud ambiental.

En conclusión, este trabajo no solo demuestra la factibilidad técnica del dispositivo, sino que también pone de manifiesto la oportunidad de avanzar hacia sistemas de desinfección más seguros y sostenibles, capaces de responder a las demandas actuales y futuras en materia de salud pública. El prototipo, con sus características de modularidad, escalabilidad y seguridad, sienta las bases para un desarrollo posterior que podría llevar a su industrialización y comercialización, ampliando sus campos de aplicación y reforzando el papel de la ingeniería en la protección de la salud de las personas.

8. Referencias

- [1] CRUMA. (2023). Qué es un filtro HEPA. Recuperado 1 de febrero de 2025, de <https://cruma.es/que-es-un-filtro-hepa/>
- [2] Banerjee, S., Pillai, S. C., Falaras, P., O’Shea, K. E., Byrne, J. A., & Dionysiou, D. D. (2014). New insights into the mechanism of visible light photocatalysis. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 5(15), 2543–2554. <https://doi.org/10.1021/jz501030x>
- [3] Torres-Pinto, A., Sampaio, M. J., Silva, C. G., Faria, J. L., & Silva, A. M. T. (2019). Recent strategies for hydrogen peroxide production by metal-free carbon nitride photocatalysts. *Catalysts*, 9(12), 990. <https://doi.org/10.3390/catal9120990>
- [4] Baur, E., & Neuweiler, C. (1927). Photolytic formation of hydrogen peroxide. *Helvetica Chimica Acta*, 10(1), 901–907. <https://doi.org/10.1002/hlca.192701001136>
- [5] Perry, S. C., Pangotra, D., Vieira, L., Csepei, L.-I., Sieber, V., Wang, L., Ponce de León, C., & Walsh, F. C. (2019). Electrochemical synthesis of hydrogen peroxide from water and oxygen. *Nature Reviews Chemistry*, 3, 442–458. <https://doi.org/10.1038/s41570-019-0110-6>
- [6] University of York. (1995). Hydrogen peroxide project. Recuperado 1 de febrero de 2020, de University of York website: <https://www.york.ac.uk/chemistry/schools/chemrev/projects/peroxide/>
- [7] CleanAir Spaces. (2025). Tecnologías de purificación de aire. Recuperado 1 de febrero de 2025, de <https://cleanairspace.com/>
- [8] Laboratorios Himalaya, S. L. (2022, octubre). Biological analysis.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

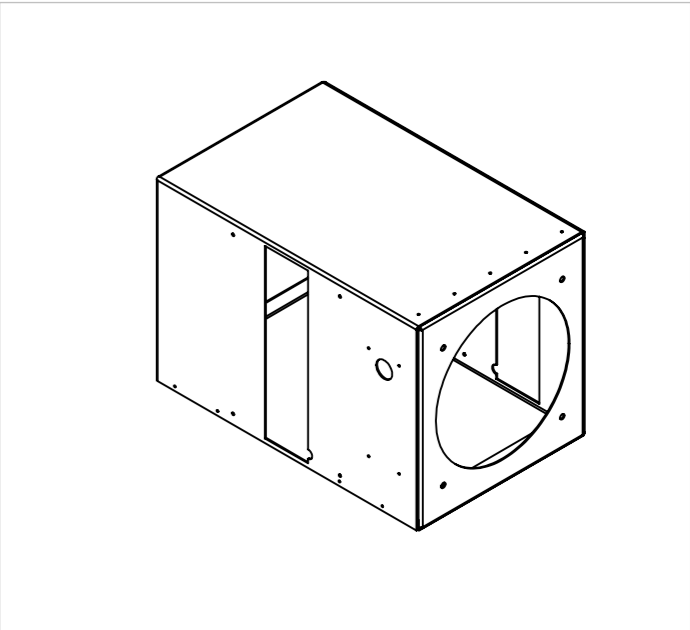
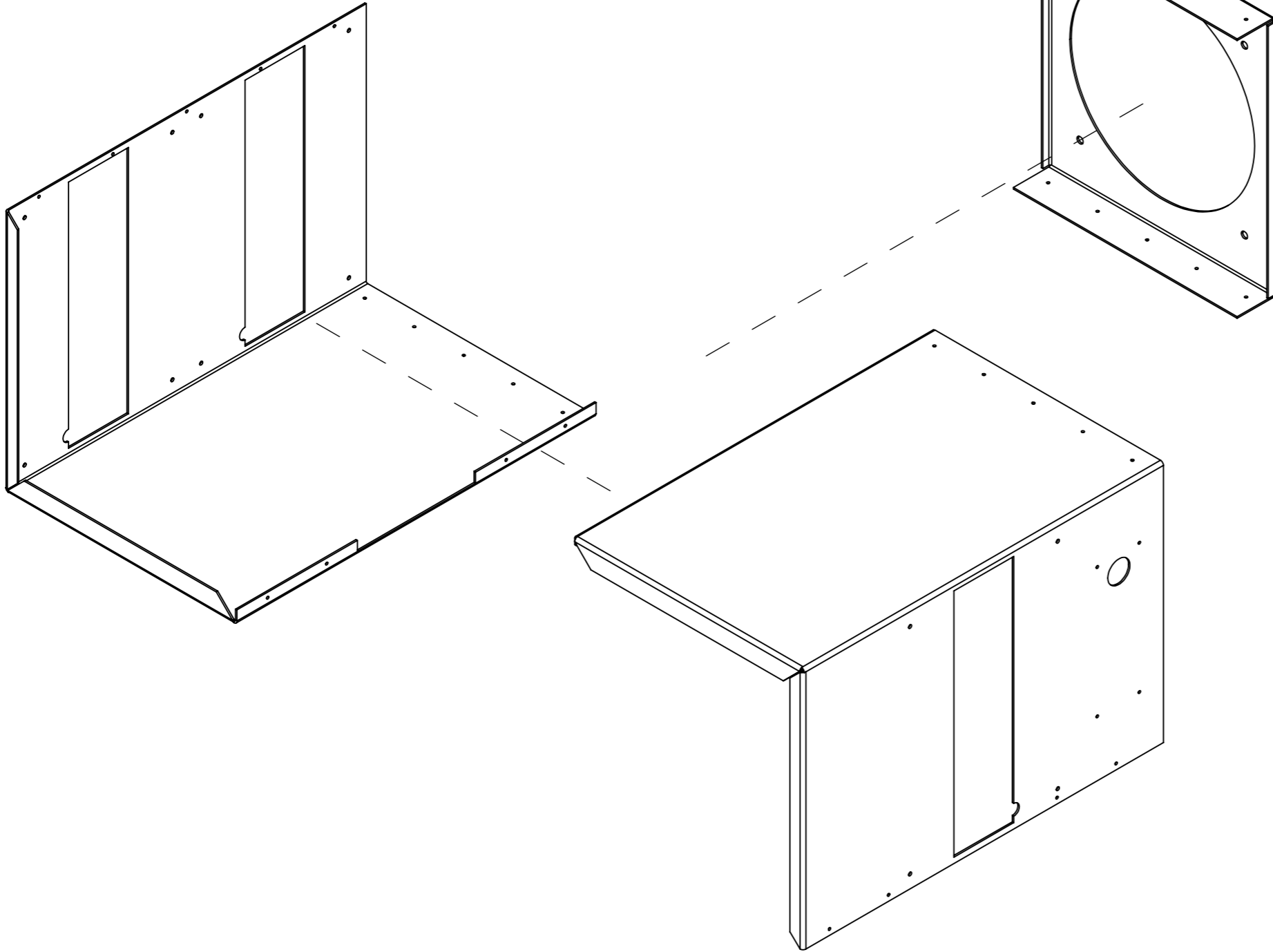
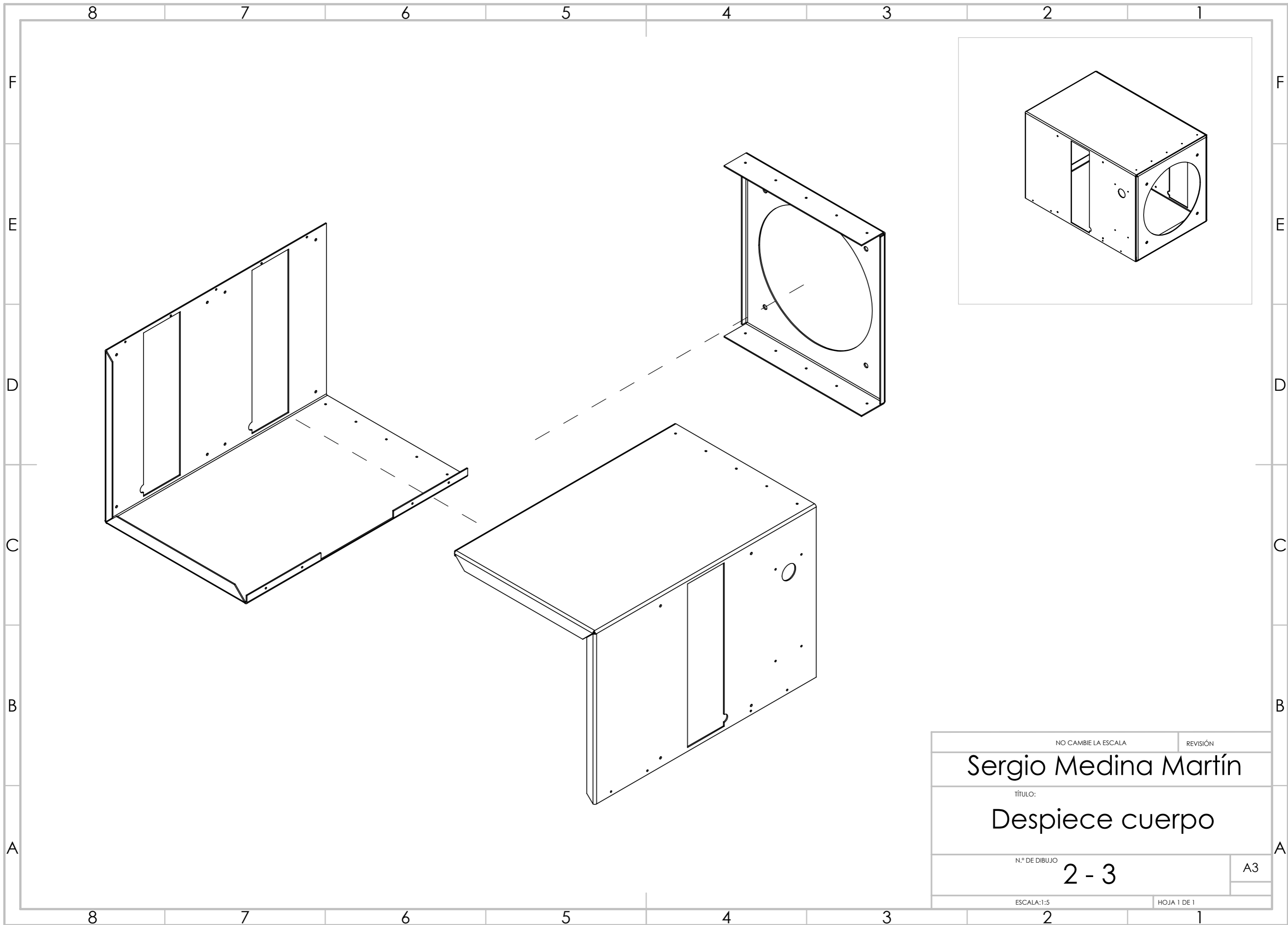


Parte 2: Anexos

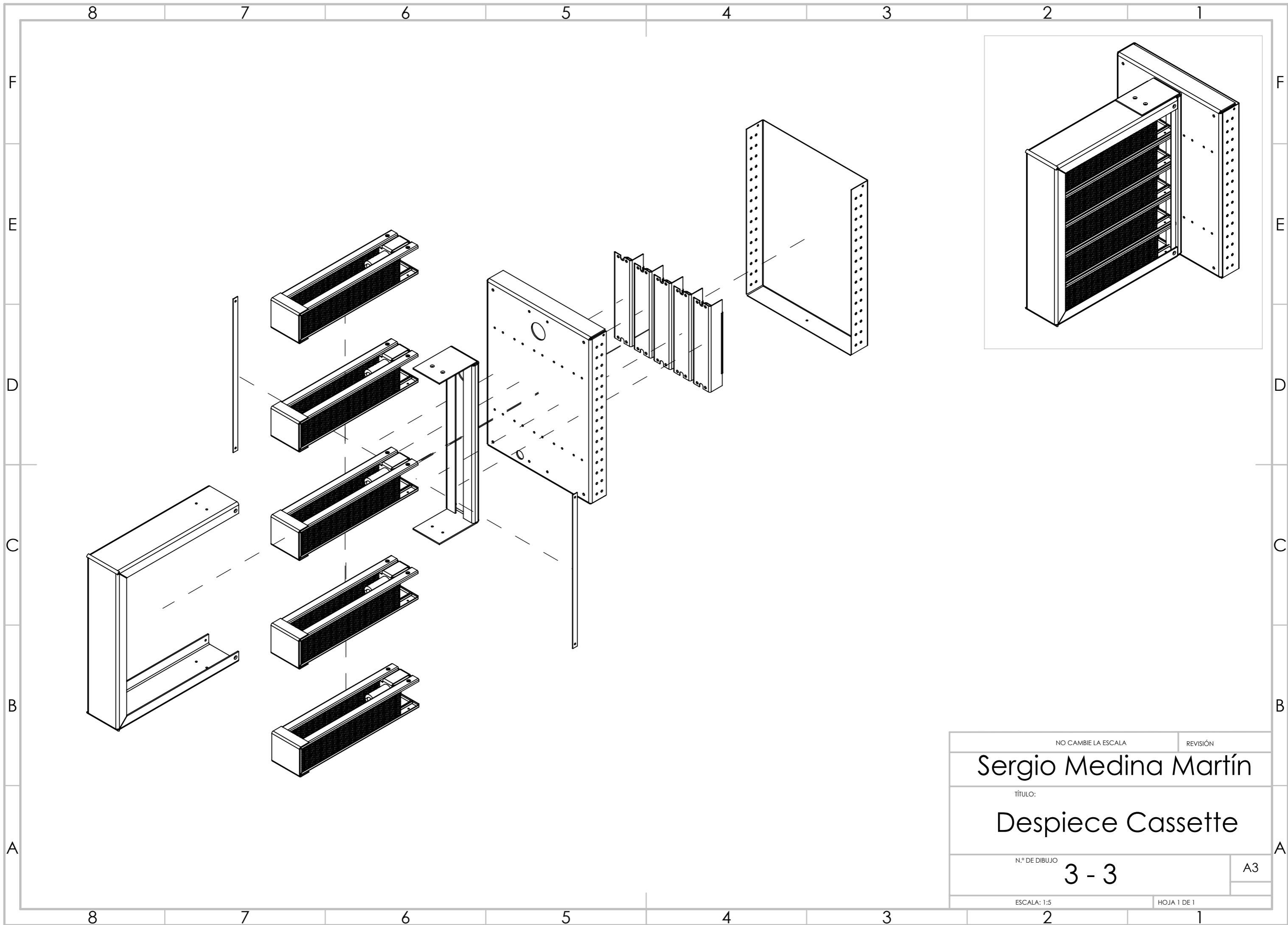
Índice Anexos

1. Planos de ensamblaje	69
2. Planos de piezas	73
3. Plano de circuito eléctrico	84
4. Fichas técnicas	86

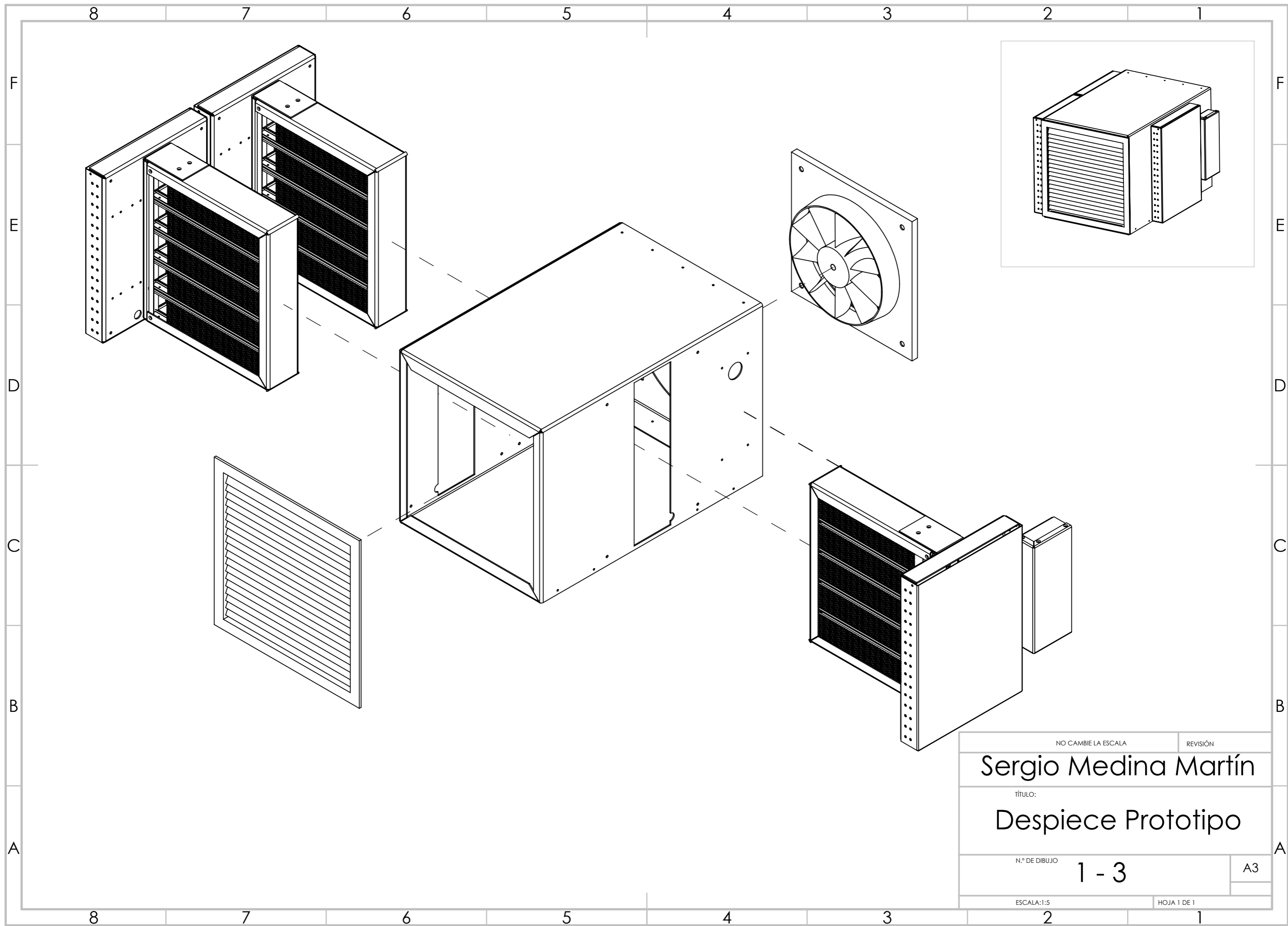
Planos de ensamblaje



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO: Despiece cuerpo		
N.º DE DIBUJO		A3
2 - 3		
ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1

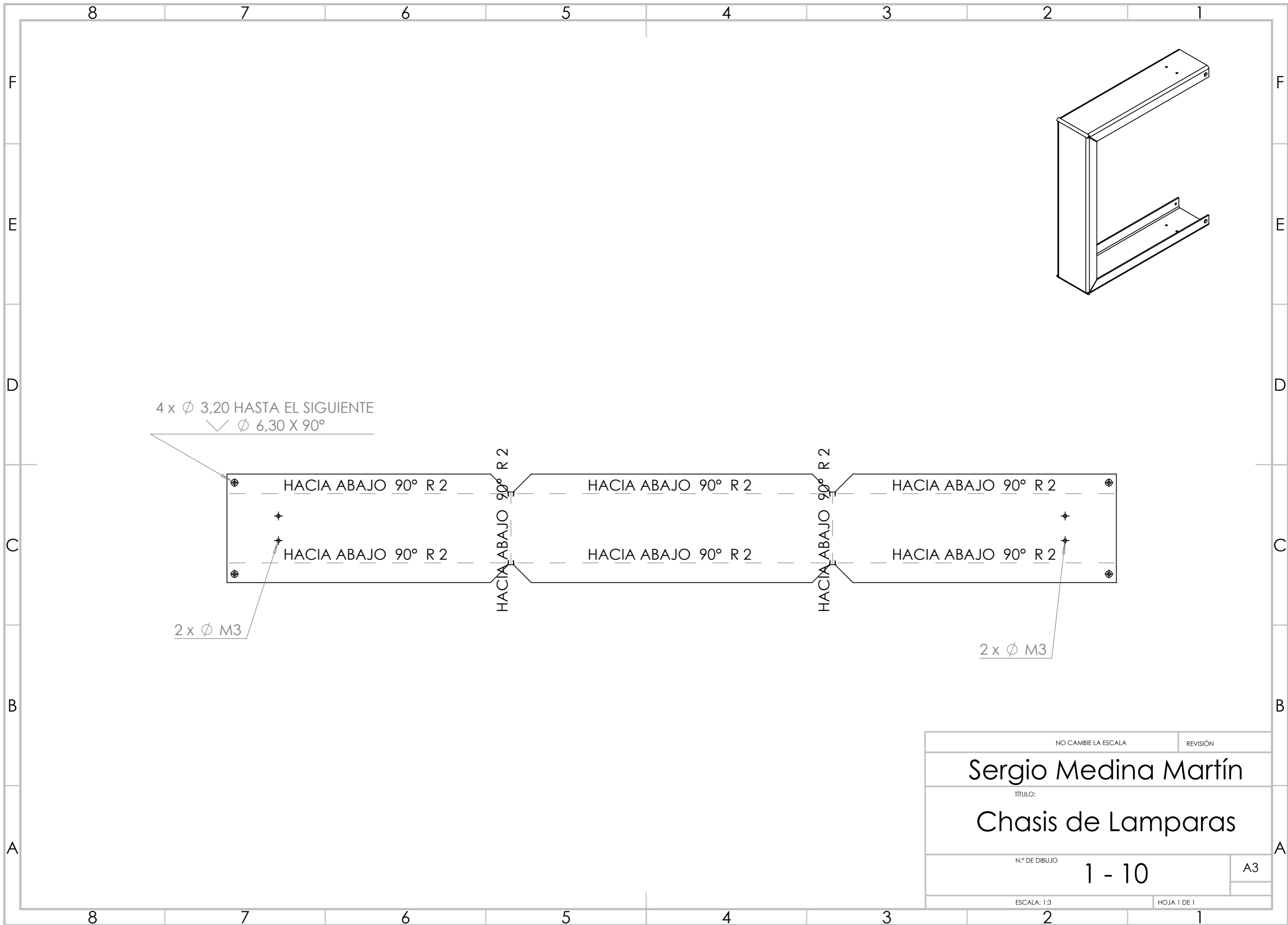


NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Sergio Medina Martín	
TÍTULO:	
Despiece Cassette	
N.º DE DIBUJO	A3
3 - 3	
ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1



NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Sergio Medina Martín	
TÍTULO: Despiece Prototipo	
N.º DE DIBUJO	A3
1 - 3	
ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

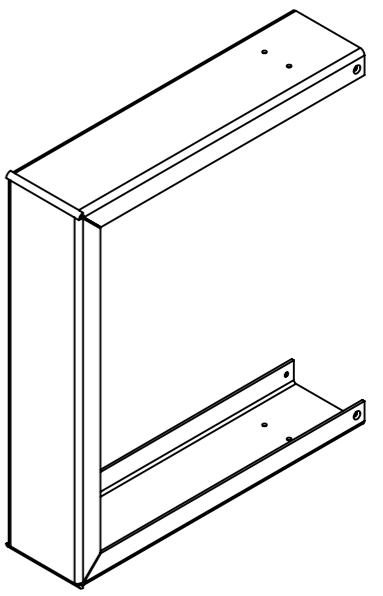
Planos de piezas



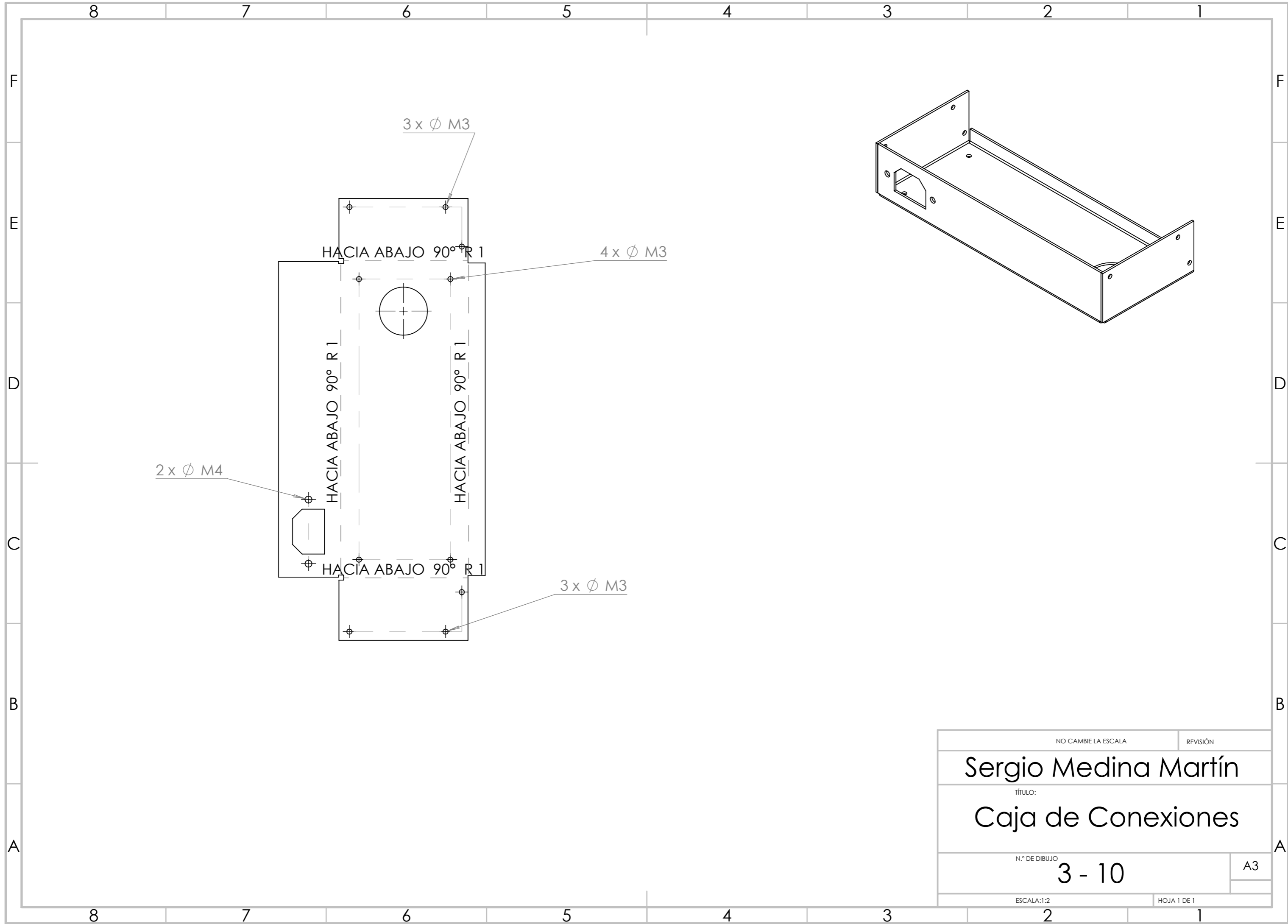
4 x Ø 3,20 HASTA EL SIGUIENTE
 ✓ Ø 6,30 X 90°

2 x Ø M3

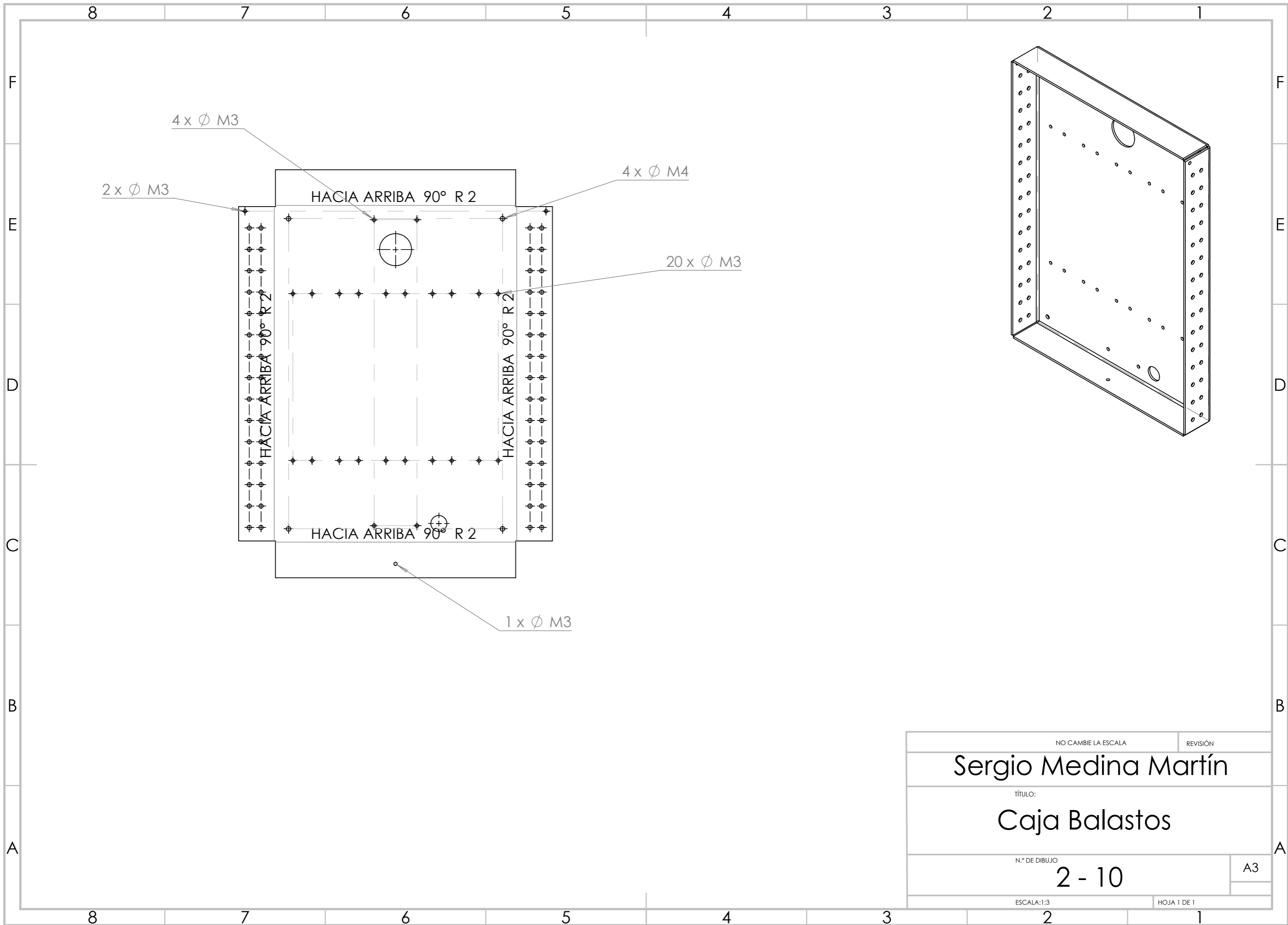
2 x Ø M3



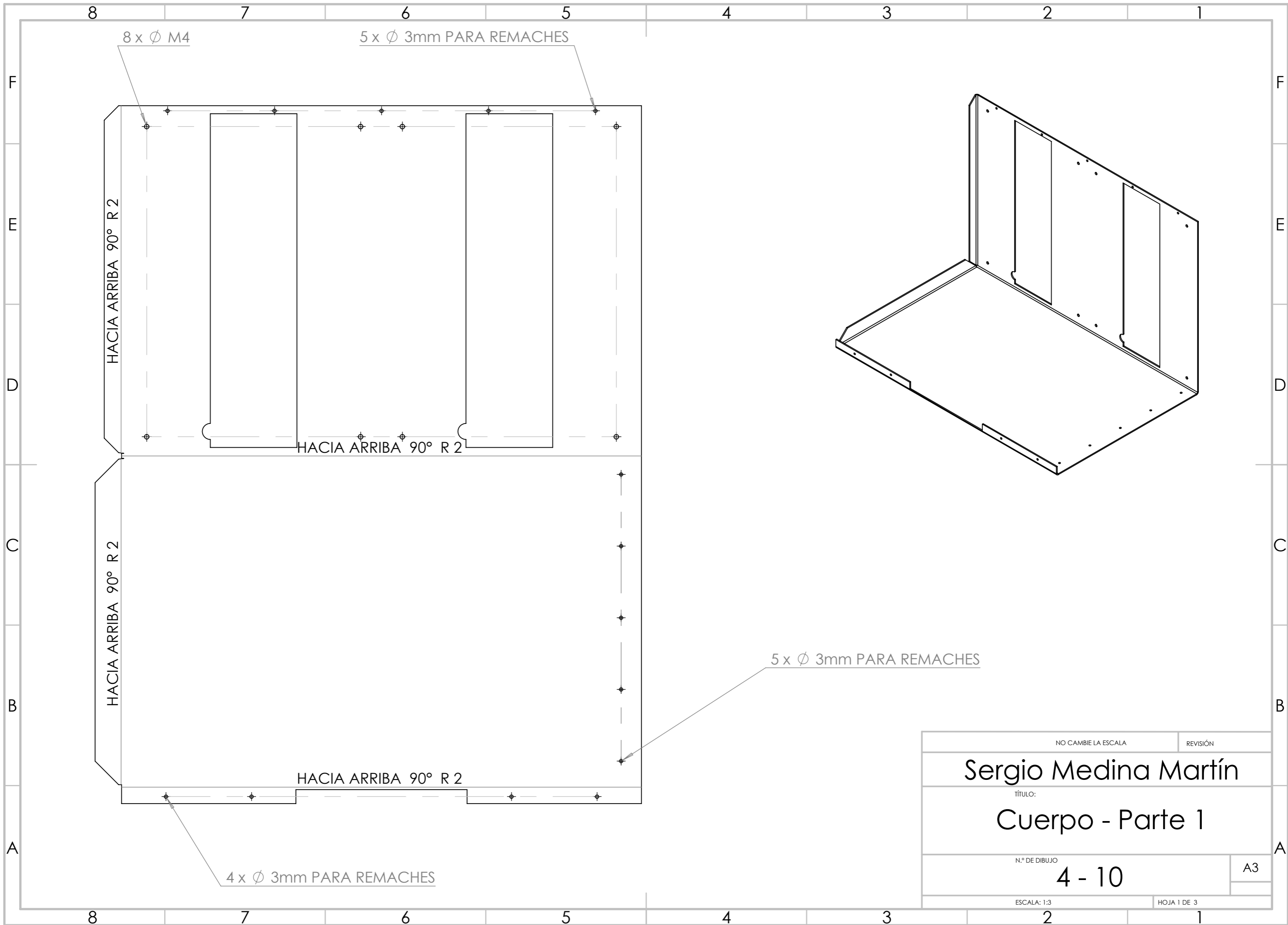
NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO:		
Chasis de Lamparas		
N.º DE DIBUJO		A3
1 - 10		
ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1	



NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Sergio Medina Martín	
TÍTULO: Caja de Conexiones	
N.º DE DIBUJO 3 - 10	A3
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1



NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Sergio Medina Martín	
TÍTULO: Caja Balastos	
N.º DE DIBUJO 2 - 10	A3
ESCALA:1:3	HOJA 1 DE 1



8 x Ø M4

5 x Ø 3mm PARA REMACHES

HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2

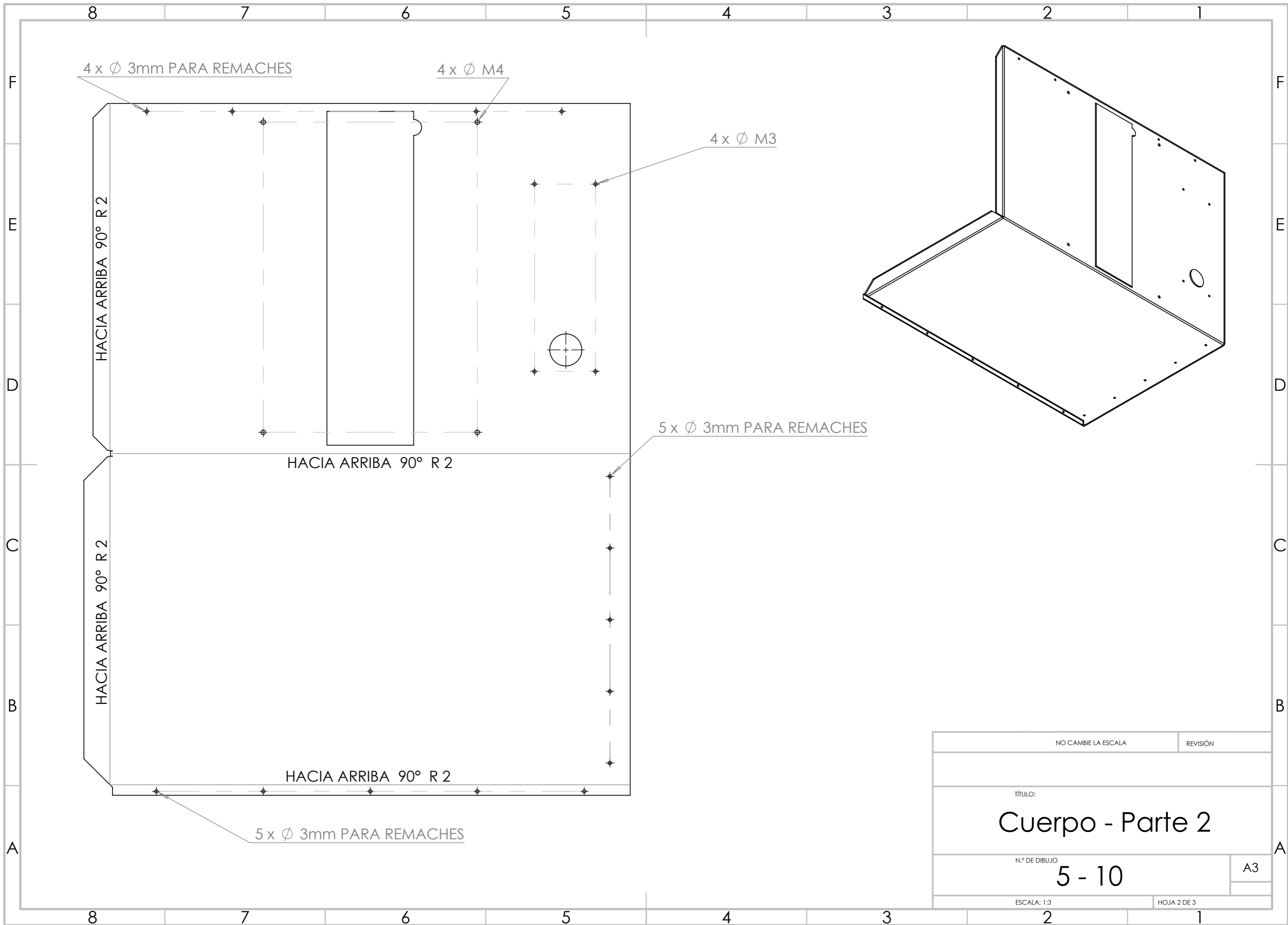
HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2

4 x Ø 3mm PARA REMACHES

5 x Ø 3mm PARA REMACHES

NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO:		
Cuerpo - Parte 1		
N.º DE DIBUJO		A3
4 - 10		
ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 3	



4 x Ø 3mm PARA REMACHES

4 x Ø M4

4 x Ø M3

5 x Ø 3mm PARA REMACHES

5 x Ø 3mm PARA REMACHES

HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2

Cuerpo - Parte 2

N.º DE DIBUJO

5 - 10

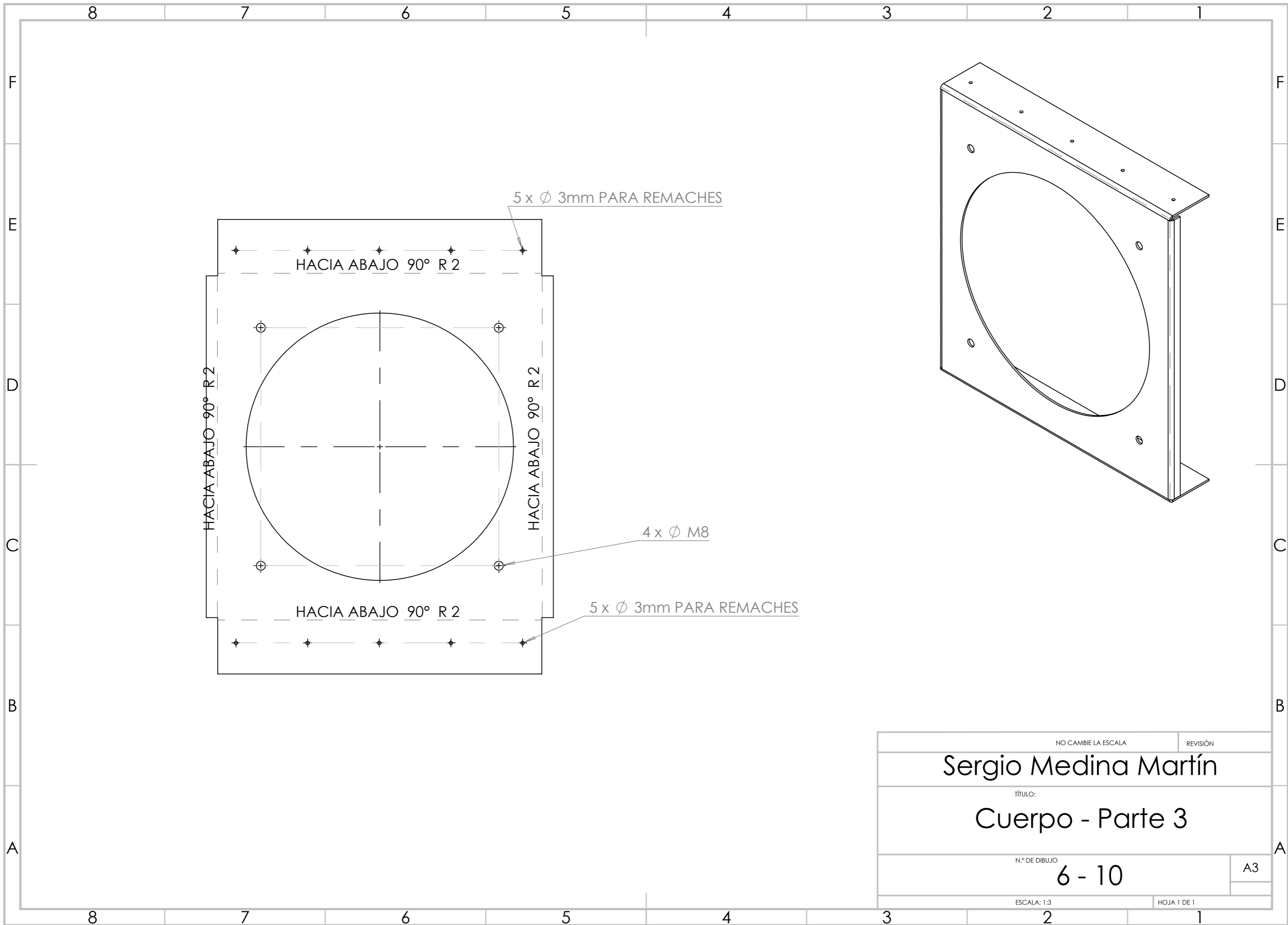
ESCALA: 1:3

HOJA 2 DE 3

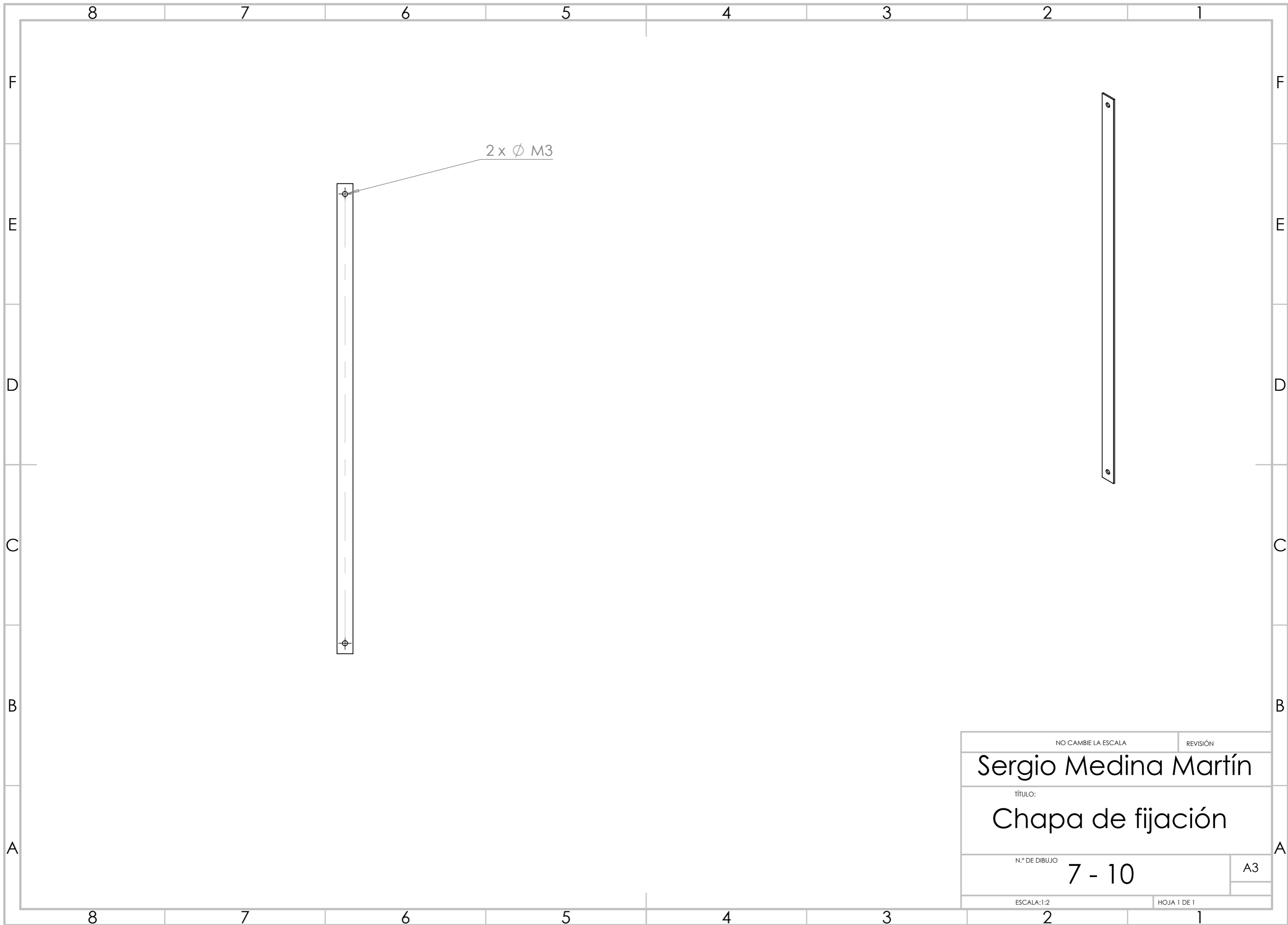
A3

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO: Cuerpo - Parte 3		
N.º DE DIBUJO 6 - 10		A3
ESCALA: 1:3		HOJA 1 DE 1



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO: Chapa de fijación		
N.º DE DIBUJO	7 - 10	A3
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	

4 x ϕ 3,20 HASTA EL SIGUIENTE
 \surd ϕ 6,30 X 90°

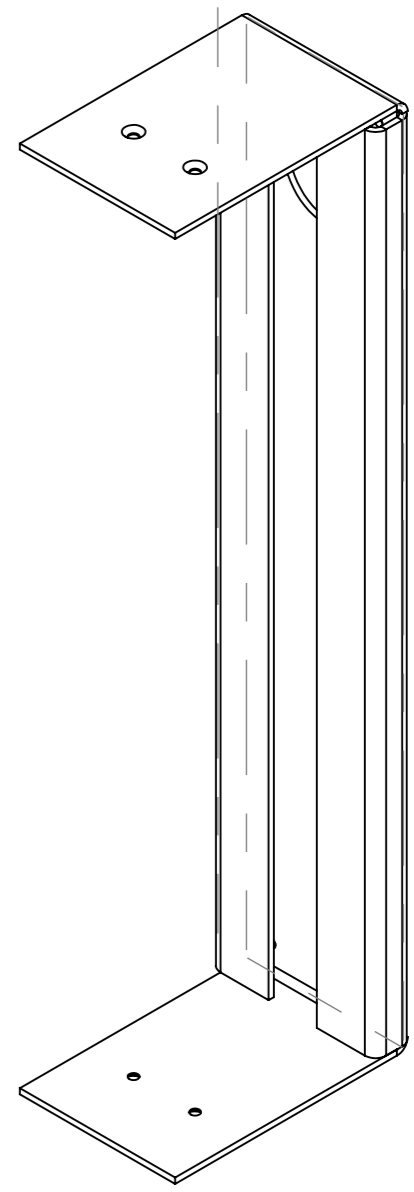
HACIA ARRIBA 90° R 2

4 x ϕ M3

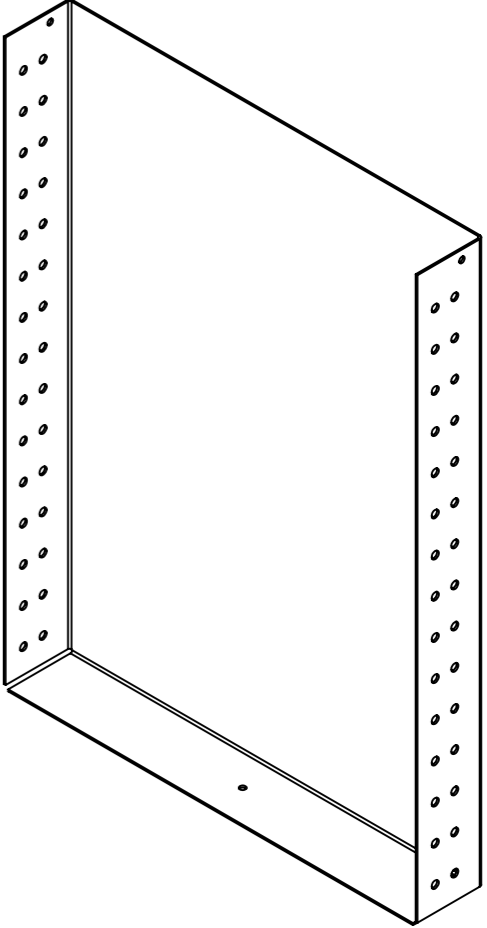
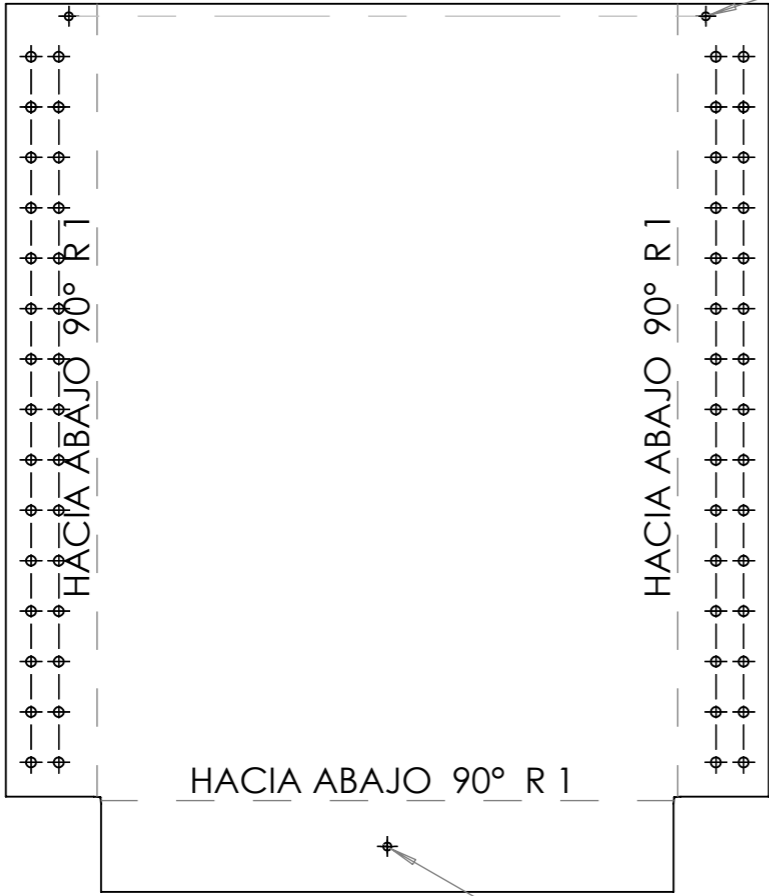
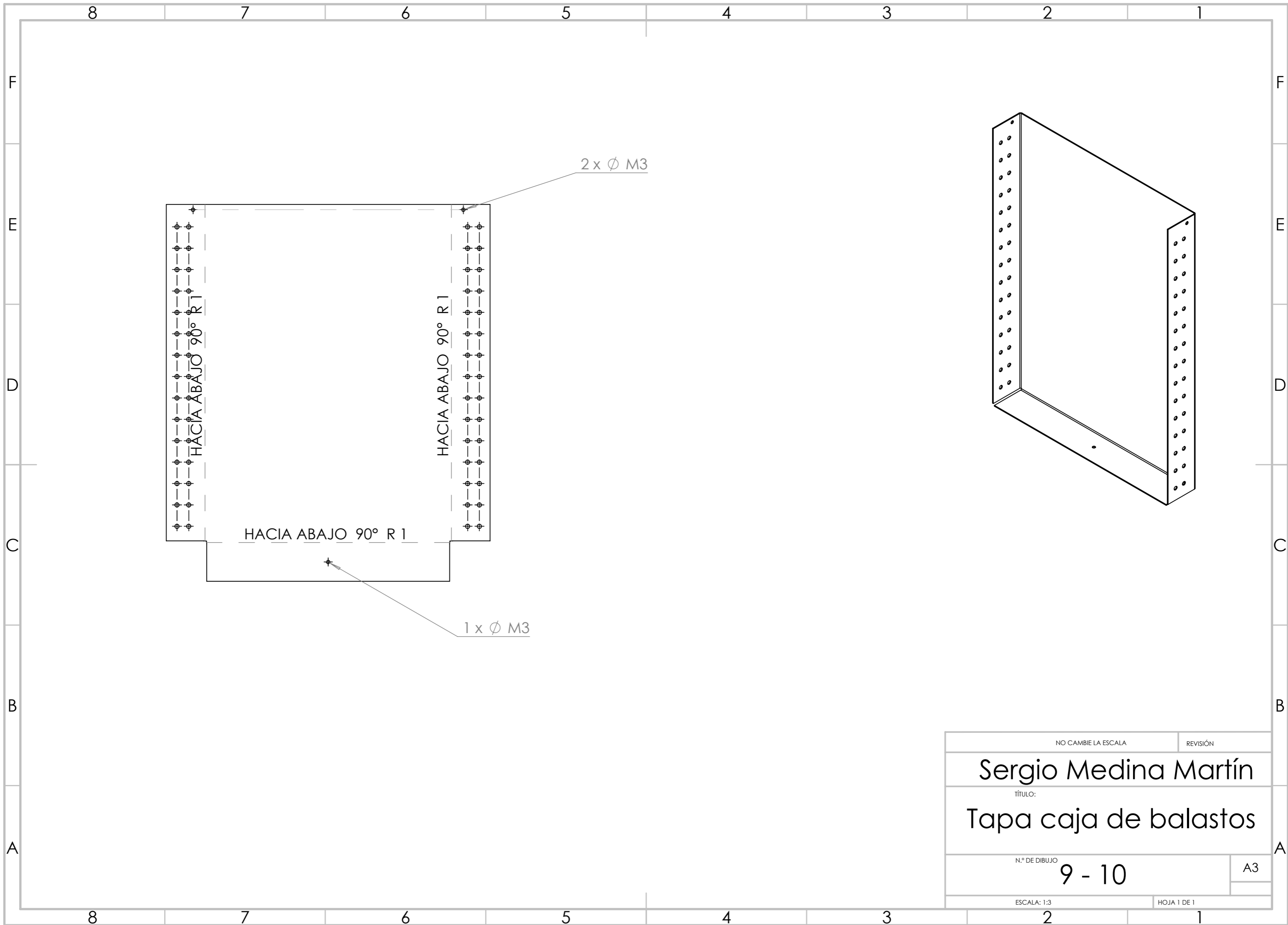
HACIA ARRIBA 90° R 2
HACIA ARRIBA 90° R 2

HACIA ARRIBA 90° R 2
HACIA ARRIBA 90° R 2

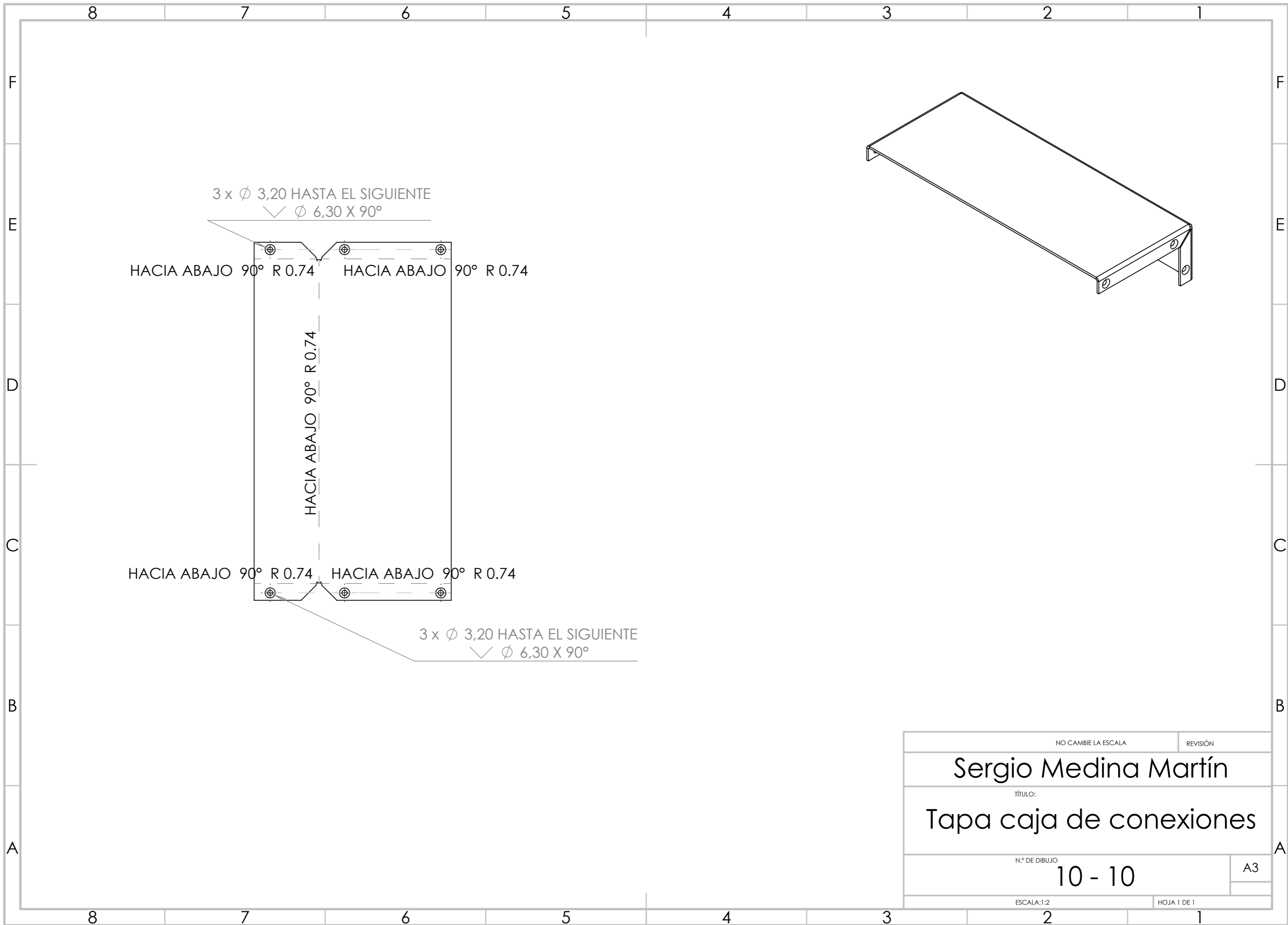
HACIA ARRIBA 90° R 2



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO:		
Cierre Chasis Lámparas		
N.º DE DIBUJO		A3
8 - 10		
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	



NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
<p>Sergio Medina Martín</p> <p>TÍTULO:</p> <p>Tapa caja de balastos</p>		
N.º DE DIBUJO		A3
9 - 10		
ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1	



3 x ϕ 3,20 HASTA EL SIGUIENTE
 \sphericalangle ϕ 6,30 X 90°

HACIA ABAJO 90° R 0.74 HACIA ABAJO 90° R 0.74

HACIA ABAJO 90° R 0.74

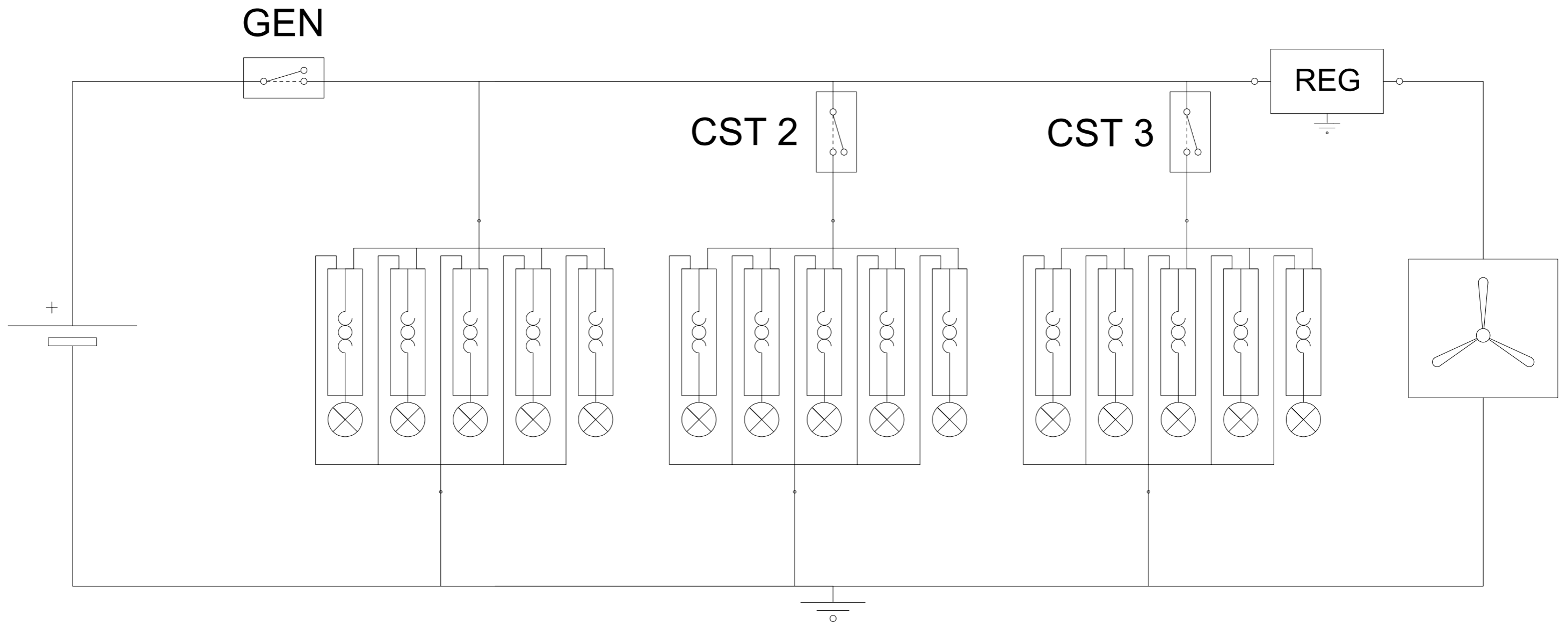
HACIA ABAJO 90° R 0.74 HACIA ABAJO 90° R 0.74

3 x ϕ 3,20 HASTA EL SIGUIENTE
 \sphericalangle ϕ 6,30 X 90°

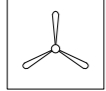

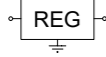

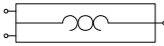
NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Sergio Medina Martín		
TÍTULO: Tapa caja de conexiones		
N.º DE DIBUJO 10 - 10		A3
ESCALA:1:2		HOJA 1 DE 1



Planos de circuito eléctrico



Leyenda:

	Ventilador
	Interruptor
	Regulador de tensión
	Lámpara UV-C
	Balastro electrónico



Sergio Medina Martín

Fecha:

29/09/2025

Descripción:
Circuito eléctrico prototipo

Plano nº:

1

Fichas técnicas



Ventiladores helicoidales murales fabricados con marco de acero galvanizado y hélices de aluminio (modelos 200 a 350) o de chapa de acero (modelo 400). Marcos y hélices están protegidos con pintura poliéster anticorrosiva.

Motor

Modelos HXM-200 a HXM-350:
Motor monofásico 220/240V-50/60Hz, IP54, Clase B, regulable por variación de tensión, con protector térmico, rodamientos a bolas y cable de conexión de 50 cm.

Modelo HXM-400:

Motor monofásico 230V-50/60Hz, de rotor exterior, IP44, Clase F, con protector térmico de rearme automático, rodamientos a bolas y caja de bornes con condensador incorporado.

Sin cable de conexión incorporado.

Otros datos

Sentido del aire Motor-Hélice (flujo A).



Configuración modelo HXM-400



Cable de conexión incorporado

Motor protegido contra la corrosión con pintura poliéster.
Cable de conexión de 50 cm que facilita la instalación (excepto modelo HXM-400).



Modelo HXM-400

Caja de bornes con condensador incorporado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

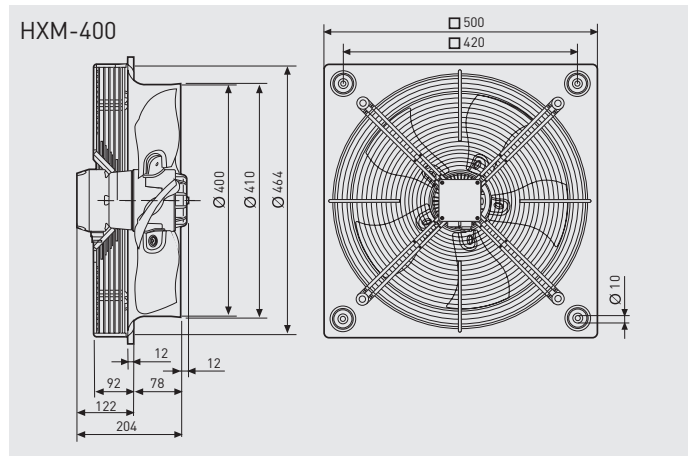
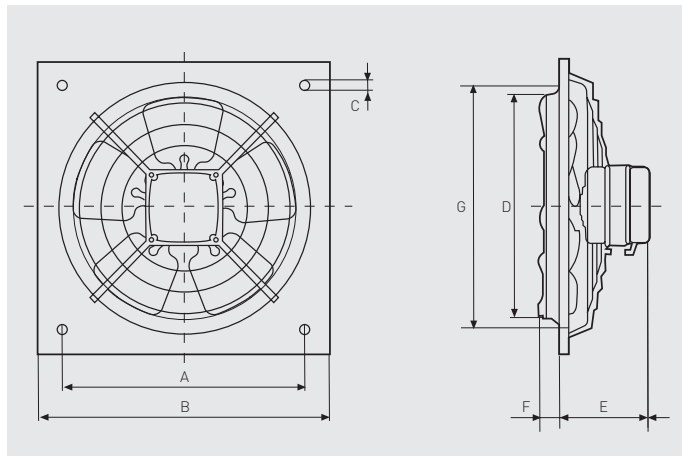
Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Ø Boca (mm)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad absorbida máxima (A)	Nivel de presión sonora* (dB(A))	Caudal máximo (m³/h)	Temperatura de trabajo (°C)	Peso (kg)	Regulador de tensión opcional	
									REB	RMB
HXM-200	1350	200	19	0,1	39	470	-15/+40	1,8	REB-1N	RMB-1,5
HXM-250	1380	250	30	0,1	48	810	-15/+40	2,4	REB-1N	RMB-1,5
HXM-300	1360	300	41	0,2	48	1.180	-15/+40	3,2	REB-1N	RMB-1,5
HXM-350	1340	350	52	0,2	51	1.680	-15/+40	4,3	REB-1N	RMB-1,5
HXM-400	1255	400	151	0,7	56	3.670	-40/+60	9,0	REB-1N	RMB-1,5

* Nivel de presión sonora medido en campo libre a 1,5 m.

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Modelo	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	LwA
HXM-200	27	42	48	49	47	45	37	30	54
HXM-250	30	46	55	60	54	51	45	35	62
HXM-300	32	44	53	59	55	53	46	34	62
HXM-350	37	55	60	61	58	56	50	39	66
HXM-400	43	61	63	63	64	63	58	50	70

DIMENSIONES (mm)

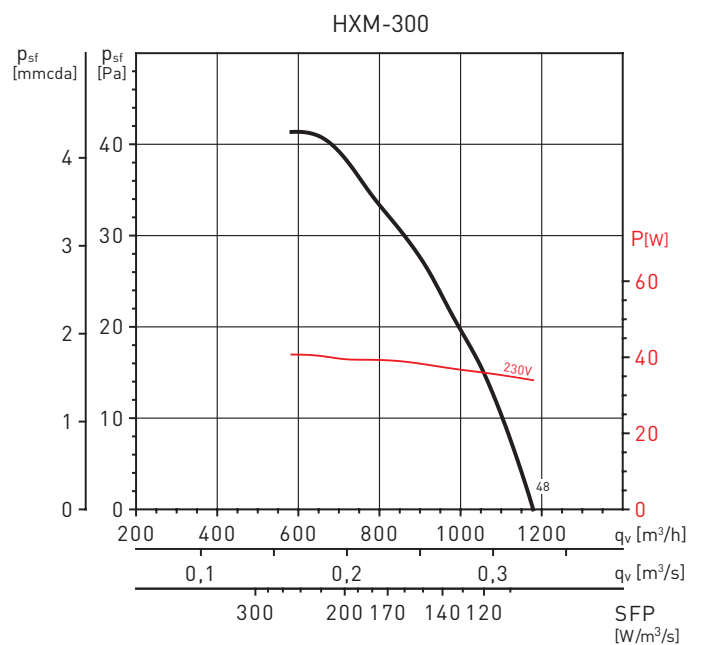
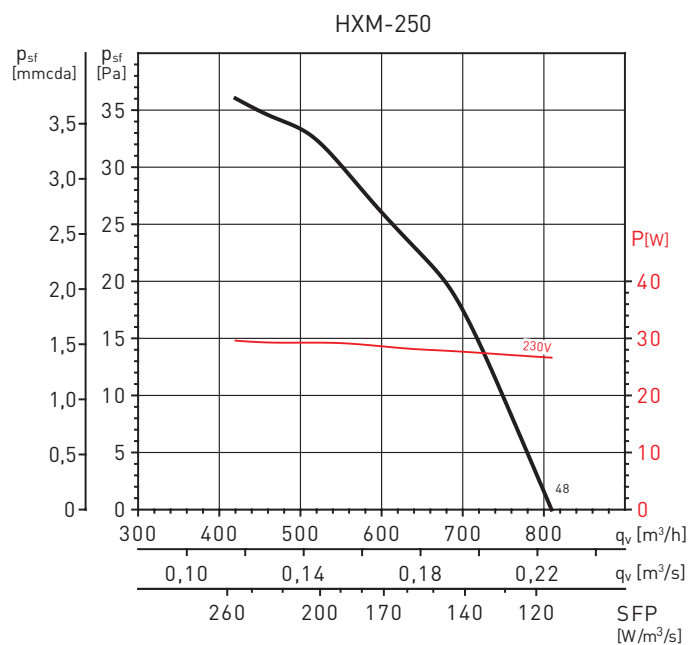
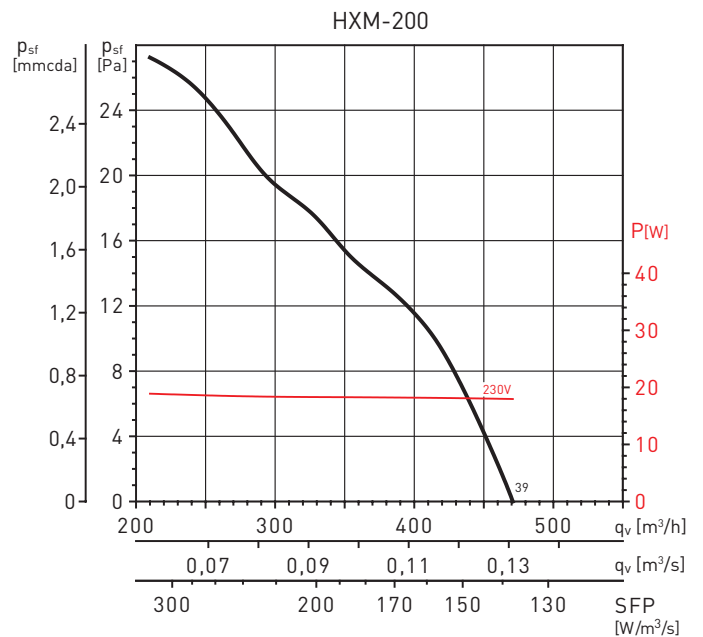


Modelo	∅ A	∅ B	∅ C	∅ D	E	F	∅ G
HXM-200	222,5	266	9,5	205	88	19,5	211
HXM-250	275,5	333	9,5	255	99	31,5	261
HXM-300	336,5	400	10,5	305	99	35,5	311
HXM-350	390,5	465	10,5	361	106	34,5	371

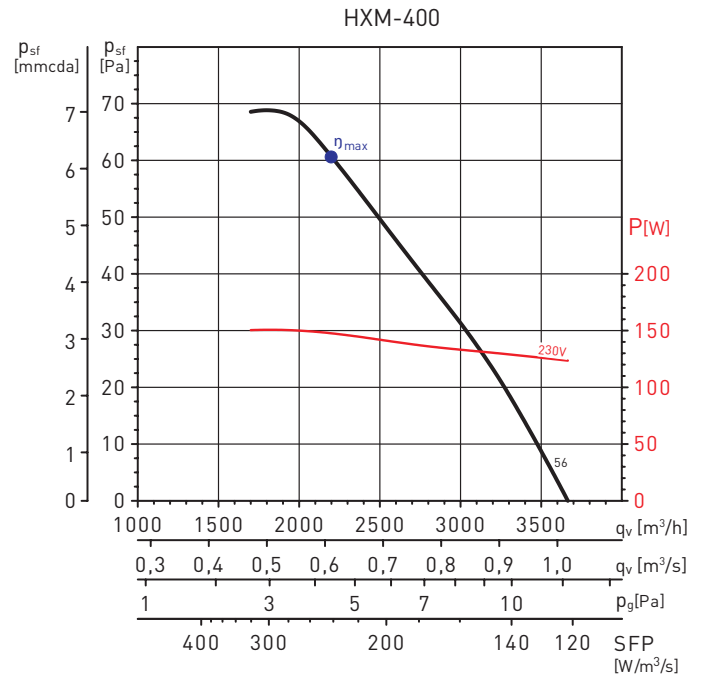
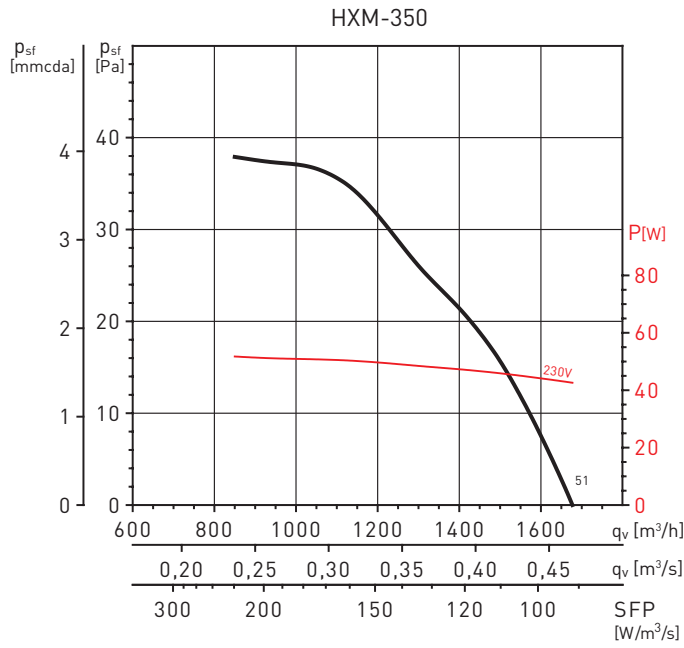
CURVAS CARACTERÍSTICAS

- p_{st} : Presión estática en Pa y mmcda
- q_v : Caudal en m^3/h y m^3/s
- p_g : Pérdida de carga de la defensa en Pa
- SFP: Factor específico de potencia en $W/m^3/s$
- P: Potencia absorbida en W
- Categoría de medición: A
- Categoría de eficiencia: estática.
- Eficiencia del ventilador sin mando de regulación de velocidad.
- Pruebas efectuadas con el ventilador sin defensa (HXM-400).
- Caudal de acuerdo a la Norma ISO 5801.
- Nivel de presión sonora en dB(A), medido en campo libre a una distancia de 1,5 m.

- MC** Categoría de medición
- EC** Categoría de eficiencia
- VSD** Mando de regulación de velocidad: debe suministrarse con el ventilador
- SR** Relación específica
- η [%] Eficiencia
- N** Grado de eficiencia
- [m³/h]** Caudal
- [Pa]** Presión estática
- [RPM]** Velocidad



CURVAS CARACTERÍSTICAS



MC*	EC*	VSD*	SR*	η[%]*	N*	[kW]	q _v [m³/h]	[Pa]	[RPM]
B	Static	No	1,001	25,1	36,7	0,148	2198	61	1103

* Ver página anterior.

ACCESORIOS DE MONTAJE



PER-W
Persianas de sobrepresión de plástico.



PER-CR
Persianas de sobrepresión de aluminio.

Modelo	Persianas de sobrepresión	
	Plástico	Aluminio
HXM-200	PER - 200 W	PER - 250 CR
HXM-250	PER - 250 W	PER - 250 CR
HXM-300	PER - 355 W	PER - 355 CR
HXM-350	PER - 355 W	PER - 355 CR
HXM-400	PER - 400 W	PER - 400 CR

ACCESORIOS ELÉCTRICOS



REB
Reguladores electrónicos monofásicos.



RMB
Reguladores electromecánicos monofásicos.

Rejilla de aluminio de simple deflexión gris

Descripción

La rejilla de aluminio de simple deflexión CAEXVEN está fabricada con perfiles de aluminio extrusionado cortados a inglete y remachados para su unión.

Pueden estar terminadas en color gris propio del aluminio o lacadas en blanco.

Las lamas son móviles de manera manual lo que les otorga la capacidad de dirigir el aire a su salida según las necesidades de la instalación.

Su simplicidad las hace versátiles y ampliamente utilizadas para cualquier instalación de renovación de aire o aire acondicionado tanto en instalaciones domésticas como industriales.

Medición

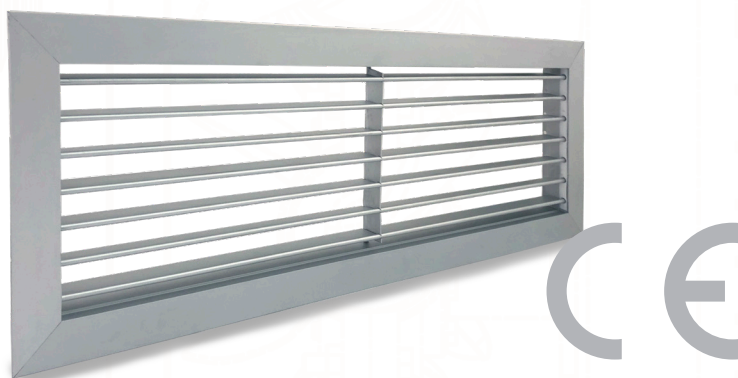
Rejilla de aluminio de simple deflexión en color gris con lamas horizontales móviles. De dimensiones x mm. Modelo Caexven o similar.

Características

- Material: Aluminio
- Color: Gris
- Dimensiones: (200 hasta 1000) x (100 hasta 500)mm y 200x80mm
- Lamas horizontales distribuidas cada 20 mm.

Aplicación

- Para la instalación en falsos techos se recomienda la utilización de perfiles de acero para rejillas, que se colocan previamente a modo de marco en el agujero realizado en el techo para una fuerte y fácil instalación de la rejilla.
- Una vez introducida la rejilla en el marco, se aprietan las pestañas laterales con los dos tornillos que incorpora la rejilla en su interior que fijarán la rejilla al marco mediante presión.



Datos técnicos

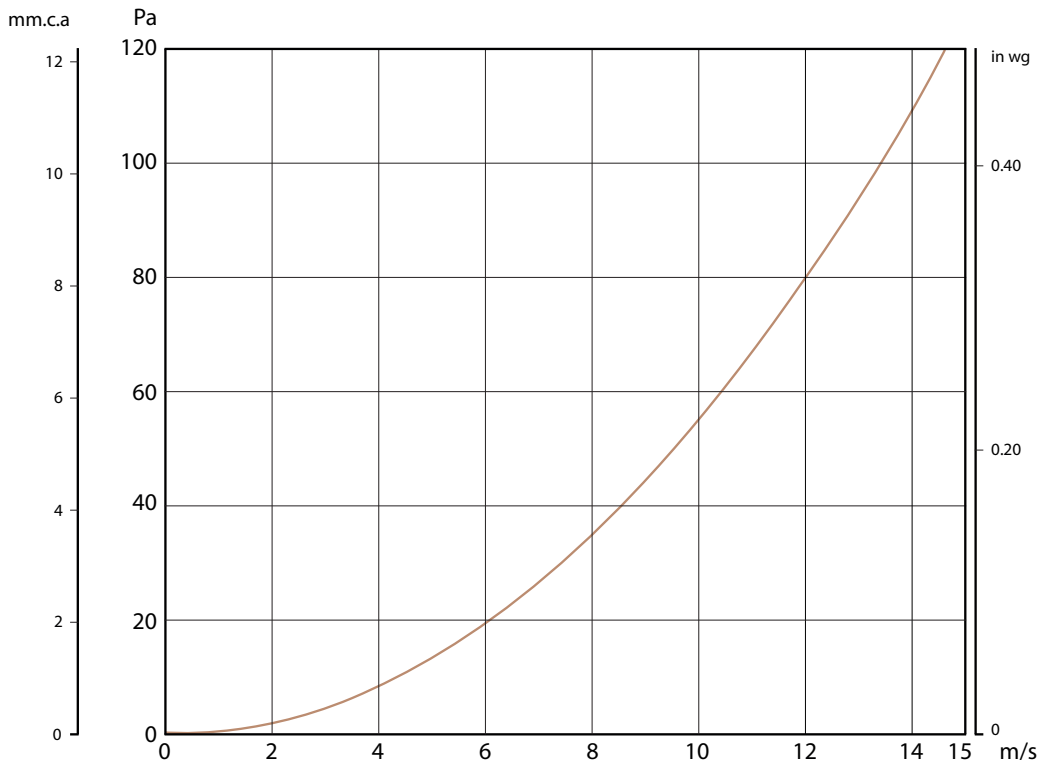
Para calcular la pérdida de carga producida en la rejilla de simple deflexión CAEXVEN se obtiene el área efectiva de paso de aire según indica la siguiente tabla para las dimensiones LxH de la rejilla empleada:

Área (cm ²)	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
80	86	110	134	158	182	206	230	278	326	374	422	470
100	115	147	179	211	243	275	307	371	435	499	563	627
150	184	235	286	337	388	439	490	592	694	796	898	1000
200	259	331	403	475	547	619	691	835	979	1123	1267	1411
250	328	419	510	601	692	783	874	1056	1238	1420	1602	1784
300	403	515	627	739	851	963	1075	1299	1523	1747	1971	2195
350	472	603	734	865	996	1127	1258	1520	1782	2044	2306	2568
400	547	699	851	1003	1155	1307	1459	1763	2067	2371	2675	2979
450	616	787	958	1129	1300	1471	1642	1984	2326	2668	3010	3352
500	691	883	1075	1267	1459	1651	1843	2227	2611	2995	3379	3763
600	835	1067	1299	1531	1763	1995	2227	2691	3155	3619	4083	4547
700	979	1251	1523	1795	2067	2339	2611	3155	3699	4243	4787	5331
800	1123	1435	1747	2059	2371	2683	2995	3619	4243	4867	5491	6115
900	1267	1619	1971	2323	2675	3027	3379	4083	4787	5491	6195	6899
1000	1411	1803	2195	2587	2979	3371	3763	4547	5331	6115	6899	7683

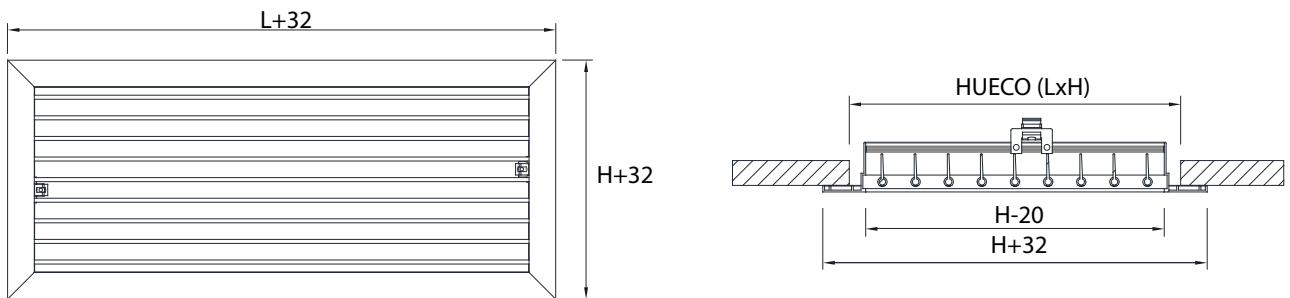
Una vez determinada el área efectiva y conociendo el caudal en m³/h se calcula la velocidad del aire al paso de la rejilla en m/s, según la fórmula siguiente:

$$Q(\text{m}^3/\text{h})/A(\text{cm}^2) \cdot 2,778 = V(\text{m}/\text{s})$$

Y finalmente, se obtiene la pérdida de carga producida en la rejilla con la gráfica que se representa a continuación:



Dimensiones (mm)



Modelo	L	H					
VCRALMSD208	200	80	VCRALMSD4540	450	400	VCRALMSD7030	700 300
VCRALMSD2010	200	100	VCRALMSD4510	450	100	VCRALMSD7035	700 350
VCRALMSD2015	200	150	VCRALMSD4515	450	150	VCRALMSD7040	700 400
VCRALMSD2020	200	200	VCRALMSD4520	450	200	VCRALMSD7045	700 450
VCRALMSD2510	250	100	VCRALMSD4525	450	250	VCRALMSD7050	700 500
VCRALMSD2515	250	150	VCRALMSD4530	450	300	VCRALMSD8010	800 100
VCRALMSD2520	250	200	VCRALMSD4535	450	350	VCRALMSD8015	800 150
VCRALMSD2525	250	250	VCRALMSD4540	450	400	VCRALMSD8020	800 200
VCRALMSD3010	300	100	VCRALMSD4545	450	450	VCRALMSD8025	800 250
VCRALMSD3015	300	150	VCRALMSD5010	500	100	VCRALMSD8030	800 300
VCRALMSD3020	300	200	VCRALMSD5015	500	150	VCRALMSD8035	800 350
VCRALMSD3025	300	250	VCRALMSD5020	500	200	VCRALMSD8040	800 400
VCRALMSD3510	350	100	VCRALMSD5025	500	250	VCRALMSD8045	800 450
VCRALMSD3515	350	150	VCRALMSD5030	500	300	VCRALMSD8050	800 500
VCRALMSD3520	350	200	VCRALMSD5035	500	350	VCRALMSD9010	900 100
VCRALMSD3525	350	250	VCRALMSD5040	500	400	VCRALMSD9015	900 150
VCRALMSD3530	350	300	VCRALMSD5045	500	450	VCRALMSD9020	900 200
VCRALMSD3535	350	350	VCRALMSD5050	500	500	VCRALMSD9025	900 250
VCRALMSD4010	400	100	VCRALMSD6010	600	100	VCRALMSD9030	900 300
VCRALMSD4015	400	150	VCRALMSD6015	600	150	VCRALMSD9035	900 350
VCRALMSD4020	400	200	VCRALMSD6020	600	200	VCRALMSD9040	900 400
VCRALMSD4025	400	250	VCRALMSD6025	600	250	VCRALMSD9045	900 450
VCRALMSD4030	400	300	VCRALMSD6030	600	300	VCRALMSD9050	900 500
VCRALMSD4035	400	350	VCRALMSD6035	600	350	VCRALMSD10010	1000 100
VCRALMSD4040	400	400	VCRALMSD6040	600	400	VCRALMSD10015	1000 150
VCRALMSD4510	450	100	VCRALMSD6045	600	450	VCRALMSD10020	1000 200
VCRALMSD4515	450	150	VCRALMSD6050	600	500	VCRALMSD10025	1000 250
VCRALMSD4520	450	200	VCRALMSD7010	700	100	VCRALMSD10030	1000 300
VCRALMSD4525	450	250	VCRALMSD7015	700	150	VCRALMSD10035	1000 350
VCRALMSD4530	450	300	VCRALMSD7020	700	200	VCRALMSD10040	1000 400
VCRALMSD4535	450	350	VCRALMSD7025	700	250	VCRALMSD10045	1000 450
						VCRALMSD10050	1000 500

Métodos de análisis: OSHA 1019 H₂O₂ (Peróxido de hidrogeno)

Hydrogen Peroxide



Method number:	1019
Version:	1.0
Target concentration:	1.0 ppm (1.4 mg/m ³)
OSHA PEL:	1.0 ppm (1.4 mg/m ³)
ACGIH TLV:	1.0 ppm (1.4 mg/m ³) vapor or mist
Procedure:	Samples are collected by drawing workplace air through two 25-mm quartz filters, coated with titanium oxysulfate, using personal sampling pumps. Samples are extracted with 10 mL of 1 M H ₂ SO ₄ and analyzed by spectrophotometry.
Recommended sampling time and sampling rate:	
TWA:	240 min at 1 L/min (240 L) 120 min at 2 L/min (240 L) for vapor and mist
short term:	15 min at 2 L/min (30 L)
Reliable quantitation limit:	
TWA:	36.6 ppb (50.8 µg/m ³)
short-term:	292 ppb (407 µg/m ³)
Standard error of estimate at the target concentration:	5.8%
Special requirements:	Samples should be protected from light during shipping and storage. Other chemicals used in the area sampled should be reported to the laboratory and the potential impact on analysis should be considered.
Status of method:	Fully validated method. This method has been subjected to the established evaluation procedures of the Methods Development Team.

CARACTERIZACION DE CAMARA DE TEMPERATURA CONTROLADA.

CAMARA MODULAR

Cámara frigorífica de paneles, de conservación o temperatura positiva, con suelo, equipo frigorífico monoblock y estanterías modulares.

Fabricada por Impafri - Infrico

Paneles:

Medidas exteriores: 2960 x 1760 x 2280 mm. APROX 10 m³

Medidas interiores: 2800 x 1600 x 2120 mm

Volumen interior: 9,50 m³

Estanterías:

Medidas lineal: 1300 + 1480 x 370 x 1670 mm – 4 niveles

Medidas angular: 1180 x 370 x 1670 mm - 4 niveles

Equipo frigorífico:

Potencia equipo frigorífico: 3/4 CV

Potencia a 0°C: 1281 W

Refrigerante: R-134a

Potencia absorb. nominal: 0,81

Carga refrigerante: <1,0 Kg

Peso: 69 Kg

Nivel presión sonora: 34 dB(A)

Tensión: 230 V monofásico

PANELES

Revestimiento de chapa de acero galvanizado y prelacado poliéster con un film de protección, color blanco RAL 9010 y calidad alimentaria.

Panel de suelo standard cara interior en tablero fenólico antideslizante de 9 mm. Cara exterior chapa de acero galvanizado prelacado con poliéster.

Espesor: aislamiento de 80 mm para temperatura positiva y de 100 mm para temperatura negativa.

Puerta pivotante estándar con luz libre de 800 x 1830 mm, cierre con llave y sistema de apertura interior.

Panel modular con perfil machihembrado que dota al conjunto de una hermeticidad absoluta dando lugar a unas juntas perfectas en su totalidad.

Innovador sistema de unión "clipart" el cual no incorpora piezas metálicas.

OPCIONES

Fabricación totalmente a medida.

Distintas alturas, por debajo de 2080 mm y hasta 3.080 mm.

Diferentes acabados de panel, tanto interior como exterior.

Otros acabados de panel de suelo: acero inoxidable y cámaras sin suelo.

Diferentes tipos de puertas: pivotantes de otro claro de luz libre, correderas, vaivén, de paso, etc.

Multirrecinto de cámaras de cualquier forma geométrica.

Recubrimiento de pilar.

Opcional: alarma, hacha bombero, soporte hacha, rampa, kit congelación, cierre FH2C, etc.

EQUIPO FRIGORÍFICO

Diseño: la nueva gama de equipos monoblock incorpora componentes de última tecnología en una construcción muy compacta que se integra en el panel de la cámara frigorífica. Su diseño estilizado permite aprovechar al máximo el espacio de almacenamiento, y su estructura aligerada reduce al mínimo los puentes térmicos y las pérdidas de frío.

Alta eficiencia energética: junto al excelente rendimiento termodinámico del refrigerante, los equipos monoblock integran componentes de bajo consumo, como ventiladores electrónicos, iluminación LED, o compresores de alta eficiencia.

Seguridad y fiabilidad: Los equipos monoblock de Intarcon cumplen con todos los requisitos de seguridad, cuentan con componentes antideflagrantes y dispositivos de limitación de presión y temperatura.

