



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y
Desarrollo de Producto**

**Diseño y desarrollo de un sistema de
cultivo doméstico fabricado mediante
impresión 3D**

Autor:

Santos Campo, Isabel

Tutor:

Mansilla Gallo, Alberto

Dpto. Ciencia de los Materiales e Ingeniería
metalúrgica, Expresión gráfica en la
ingeniería, Ingeniería Cartográfica, Geodesia
y fotogrametría, Ingeniería Mecánica e
ingeniería de Procesos de Fabricación.

Valladolid, julio de 2021.

Resumen

La popularidad de los huertos urbanos se ha incrementado en los últimos años debido a la creciente demanda de productos naturales y obtenidos de manera sostenible. Este proyecto consiste en el diseño y desarrollo de *Pétalos*, un sistema de cultivo con luz LED fotosintética que estimula el crecimiento de las plantas, fabricado mediante impresión 3D. El trabajo abarcará un estudio preliminar de mercado, las fases de diseño y la realización de un prototipo del producto. Se aprovecharán las posibilidades que brinda la impresión 3D para ofrecer prestaciones diferentes a las de otros productos existentes, centrando el trabajo en tres objetivos: modularidad, personalización y sostenibilidad.

Palabras clave

Ecodiseño – Impresión 3D – Cultivo – LED – Personalización

Abstract

Urban gardening has become popular during the last few years due to the increasing demand of natural, sustainably obtained products. This project consists in the design and development of *Pétalos*, a device for indoor cultivation with a LED light that encourages plant growth, manufactured by 3D printing. This paper gathers a preliminary market research and the description of the design process and manufacturing of a functional prototype. The main purpose will be to harness the potential of 3D printing in order to offer new product benefits, directing the design towards three goals: modularity, customization and sustainability.

Key words

Eco-design – 3D printing – Gardening – LED – Customization

Índice de contenidos

1. Introducción	11
1.1. Contexto	11
1.2. Objetivos del proyecto	12
1.3. Perfil de usuario	12
2. Estudio de mercado	13
3. Proceso de diseño	19
3.1. Recipiente	19
3.2. Lámpara	30
3.3. Tapa	35
3.4. Materiales utilizados	37
4. Sistema de iluminación. Ensamblaje	41
4.1. Elementos	41
4.2. Ensamblaje	43
4.3. Estudio de temperatura	47
5. Personalización y publicidad	51
5.1. Variantes sobre el diseño	51
5.2. Vídeo publicitario	56
6. Estudio económico	59
7. Conclusión	63
7.1. Aportaciones realizadas	63
7.2. Líneas futuras	64
8. Bibliografía	65

Índice de figuras

Figura 1. Click and grow.	13
Figura 2. Partes de Click and grow.	14
Figura 3. Growlt farm.	15
Figura 4. Tres módulos Growlt farm apilados.	16
Figura 5. LeGrow: módulo base. Figura 6. Piezas de un módulo eGrow.....	16
Figura 7. LeGrow, Composición con LED.....	17
Figura 8. LeGrow. Composición con LED e humidificador	17
Figura 9. Ideas iniciales.....	19
Figura 10. Composiciones a partir del módulo base.....	20
Figura 11. Pétalos: dimensiones principales.....	21
Figura 12. Drenaje del agua: primera solución.....	21
Figura 13. Depósito.....	22
Figura 14. Pestaña.....	23
Figura 15. Pestaña: esquema de fuerzas y dimensiones.	23
Figura 16. Regulación de alturas.....	25
Figura 17. Unión entre módulos.	25
Figura 18. Salida de cables.....	26
Figura 19. Prototipo del mecanismo de regulación de alturas.....	27
Figura 20. Prototipo del sistema de unión entre módulos.....	27
Figura 21. Recipiente: primer prototipo.	28
Figura 22. Recipiente: primer prototipo completo.....	28
Figura 23. Recipiente: prototipo definitivo.....	29
Figura 24. Lámpara: dimensiones.....	30
Figura 25. Colocación de la lámpara en la impresión.....	31
Figura 26. Depósito y lámpara: regulación alturas.....	31
Figura 27. Lámpara: alojamientos para la tapa..	32
Figura 28. Unión mediante pegamento en primer prototipo.....	33
Figura 29. Lámpara: pestañas interiores.....	33
Figura 30. Prueba de encaje disipador en lámpara.	34
Figura 31. Diseño de la tapa.....	35
Figura 32. Tapa: prototipos.....	36
Figura 33. Ciclo de vida del PLA.....	37
Figura 34. Comparación de las propiedades del durabio, PC y PMMA.....	39
Figura 35. Placa LED LM301B.....	41
Figura 36. Disipador A10015.....	42
Figura 37. Corte del disipador.....	42
Figura 38. Fuente de alimentación APC-8-250.....	43
Figura 39. Unión placa-disipador.....	44
Figura 40. Conexión de cables a la placa LED.....	44
Figura 41. Unión placa-fuente-enchufe.....	45
Figura 42. Prototipo final.....	46
Figura 43. Iluminación.....	46
Figura 44. Referencia de escala.....	46

Figura 45. Esquema de temperaturas entre LED, disipador de calor y ambiente.....	47
Figura 46. Puntos de medida en disipador.....	48
Figura 47. Variaciones de color..	51
Figura 48. Patrones decorativos.....	52
Figura 49. Render con patrón 2.....	52
Figura 50. Render con bandeja.	53
Figura 51. Render con calendario.	53
Figura 52. Composición 1.	54
Figura 53. Composición 2.	54
Figura 54. Render de integración en una cocina.	54
Figura 55. Render de integración en dormitorio con luz diurna.....	55
Figura 56. Render de integración en dormitorio con luz nocturna.....	55
Figura 57. Fotograma seleccionado 1.....	56
Figura 58. Fotograma seleccionado 2.....	56
Figura 59. Fotograma seleccionado 3.....	57
Figura 60. Enlace al vídeo en YouTube	57

Índice de tablas

Tabla 1. Temperaturas en el dissipador y la cápsula.....	48
Tabla 2. Coste de operaciones.....	59
Tabla 3. Coste de materiales.	59
Tabla 4. Coste de los componentes de iluminación.....	59

1. Introducción

1.1. Contexto

En los últimos años, la práctica de cultivar en el entorno doméstico (terrazas, balcones, etc) está ganando popularidad debido a varios factores. Por un lado, permite obtener productos 100% naturales, cada vez más difíciles de encontrar en los supermercados. Por otro lado, consumir alimentos germinados por uno mismo proporciona una gran satisfacción. Además, dar cuidados a las plantas es para muchas personas una fuente de entretenimiento.

La posibilidad de producir frutas y verduras propias estaba antaño limitada al área rural. Los sistemas para el cultivo doméstico suponen una manera de practicar agricultura a pequeña escala en el espacio urbano.

La incorporación de iluminación LED fotosintética elimina la necesidad de disponer de un balcón o similar para el cultivo, permitiendo al usuario crear un pequeño huerto incluso en interiores sombríos.

En este proyecto se pretende diseñar un elemento novedoso aprovechando las posibilidades que ofrece la impresión 3D y aplicándolas al campo de los sistemas de cultivo doméstico. Estas propiedades que aportan valor al producto son:

- **Modularidad.** Tal y como se explicará en capítulos posteriores, se ha detectado una falta de sistemas de cultivo domésticos que contemplen ampliar el espacio de plantación, aspecto que será uno de los objetivos fundamentales de este proyecto.
- **Sostenibilidad.** El método de impresión garantiza que no se desperdicie material. El producto final podrá fabricarse utilizando plástico reciclado. Además, estará compuesto por tres piezas independientes que encajan entre sí, lo cual permite que, en caso de avería o daño de alguna de ellas, se pueda reparar o sustituir la pieza, en lugar de tener que desechar la totalidad del producto.
- **Personalización.** En impresión 3D, fabricar solamente una unidad de producto cuesta lo mismo que producir una gran tirada. Esto posibilita adaptar el aspecto a los deseos del cliente. Realizando cambios sencillos sobre el diseño o sustituyendo el filamento al imprimir, se podrían obtener diseños en diferentes colores, dimensiones, con funcionalidades añadidas, patrones elegidos por el cliente, etc.

1.2. Objetivos del proyecto

Siguiendo los principios comentados, se diseñará y prototipará un sistema de cultivo que cumpla los siguientes requerimientos:

- El producto deberá disponer de un recipiente que contendrá el sustrato con una altura suficiente para el desarrollo de las raíces y que permita el regado con facilidad.
- La forma del recipiente deberá contemplar la adición de otros análogos, componiendo un conjunto modular.
- Se diseñará un sistema para drenar el exceso de agua de regado.
- Se incorporará una lámpara de iluminación fotosintética cuya altura sea regulable.
- Las formas se diseñarán y dimensionarán teniendo en cuenta que sean fabricables mediante impresión 3D y que no se necesiten elementos de unión para el ensamblaje.
- Se tratará de conseguir un resultado visualmente atractivo, de forma que el producto actúe también como elemento decorativo.
- Se idearán una serie de opciones para que el usuario pueda personalizar su producto, dotándolo de un valor añadido que lo diferencie de otros productos ya existentes en el mercado.

1.3. Perfil de usuario

El público objetivo con el que trabajamos comprende un rango amplio de edades y ocupaciones. En principio, cualquier persona con un cierto nivel de ingresos puede acceder al producto, si bien está más enfocado a individuos que dispongan de un hogar más o menos fijo, donde sepan que podrán instalar su sistema de cultivo durante un periodo largo de tiempo. Por ello, la edad del usuario target podría situarse por encima de los 25 años.

Un grupo poblacional interesante al que dirigirse son los ancianos, puesto que generalmente disponen de mucho tiempo libre. Cuidar plantas es una actividad no demasiado exigente físicamente, además de una fuente de satisfacción y entretenimiento. Para una persona mayor, tener una tarea diaria que le haga sentirse útil y realizada resulta ampliamente beneficioso.

2. Estudio de mercado

Tras enfocar el tema del proyecto, la primera fase ha consistido en la realización de un estudio de mercado de sistemas de cultivo doméstico con luz LED incorporada. A continuación se expone una selección de los productos con mayor interés.

a) Click and grow Smart garden

Click and grow es un producto destinado al cultivo de hierbas aromáticas, frutas y verduras mediante un sistema hidropónico. Como se observa en la Figura 1, consta de un depósito para contener el agua y las raíces de las plantas, y una lámpara LED. Su precio es de 99,95€.



Figura 1. Click and grow. [1]

Sobre el depósito, que tiene una capacidad de 4 litros, se colocan tres cápsulas biodegradables que contienen las semillas ya plantadas en tierra con aditivos.

El LED tiene una potencia de 13W y está programado para proporcionar 16 horas de luz diariamente. La lámpara tiene una altura regulable con un rango de 26 centímetros.

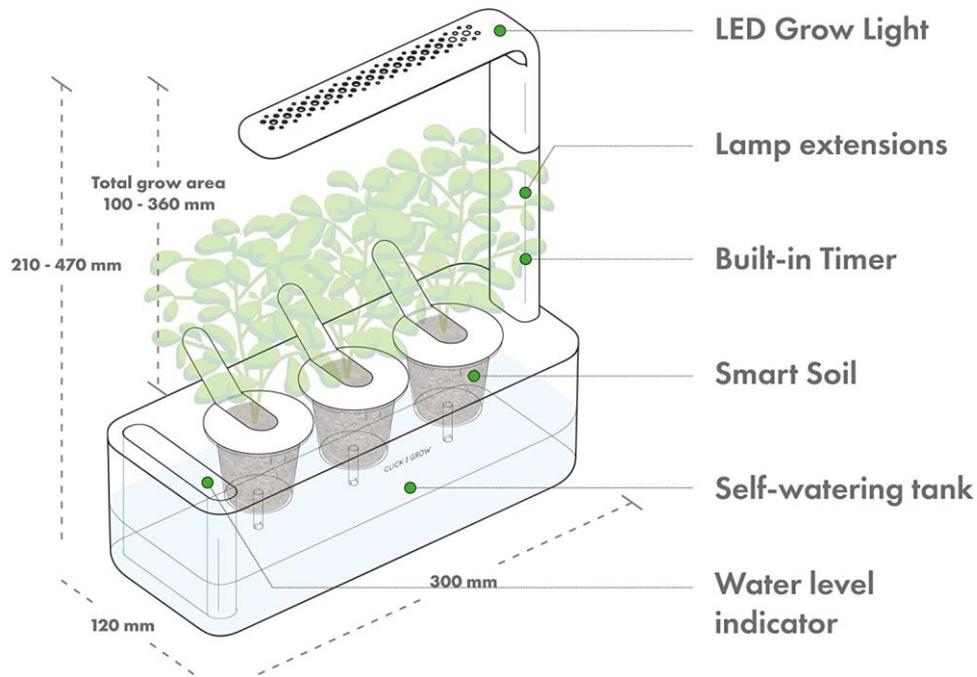


Figura 2. Partes de Click and grow. [1]

Las principales ventajas de este producto son:

- El sistema de cápsulas facilita la labor del usuario, que solamente debe insertarlas en su lugar y llenar el depósito de agua regularmente. También la iluminación es automática.
- El que la altura de la lámpara se pueda ajustar permite que esta se adapte al espacio disponible y al crecimiento de las plantas.
- Tiene un diseño sencillo y elegante y está disponible en varios colores, lo que lo hace fácil de integrar en el espacio.

Se ha observado como inconveniente el hecho de que no se contemple la posibilidad de ampliar el número de plantas. Si el usuario desea plantar más, deberá adquirir otro producto y el resultado al situar varios en el mismo espacio puede ser repetitivo visualmente. En este proyecto, uno de los objetivos principales será la modularidad, puesto que se ha identificado como un hueco en el mercado. Además, el sistema de cápsulas, pese a ser una ventaja por su comodidad, puede llegar a ser excesivamente simplificado, ya que limita la intervención del usuario en el proceso de cultivo, disminuyendo la sensación de satisfacción personal.

b) GrowIt Farm – Klarstein

GrowIt Farm es un jardín hidropónico para el cultivo de hierbas y verduras en interior. El sistema de cultivo es similar al del producto anterior, pero incorpora una bomba para distribuir el agua y nutrientes, y su tamaño y capacidad son mucho mayores. Tiene un precio de 189,99€.



Figura 3. GrowIt farm. [2]

Dispone de un depósito de 8 litros de capacidad con un piloto que se enciende cuando se necesita añadir agua.

La luz LED, en este caso, tiene una potencia de 48W y proporciona 14 horas de luz diariamente.

Se ha querido incluir este producto en el estudio de mercado porque tiene una propiedad característica que no se ha observado en otros: es apilable (se pueden superponer hasta un máximo de tres). Se trata del único producto encontrado en el mercado que contempla una agrupación entre elementos si el usuario desea ampliar su colección. Sin embargo, como solución tiene la desventaja de que, al estar cerrado por la parte superior, no se adapta a la altura de las plantas.

Otros inconvenientes de este sistema de cultivo son su gran tamaño (72x37x44 cm) y peso (8kg).



Figura 4. Tres módulos GrowIt farm apilados. [2]

En cuanto a la estética, el diseño tiene un aspecto muy compacto, lo cual puede funcionar bien en el ambiente de una cocina, pero quizá no tanto en otros espacios de la casa. Además, la cubierta oculta parcialmente las plantas, suprimiendo su capacidad decorativa.

c) LeGrow

Por último, se ha seleccionado el producto LeGrow por tratarse de uno de los pocos ejemplos modulares que se pueden encontrar en el mercado.



Figura 5. LeGrow: módulo base. [3]



Figura 6. Piezas de un módulo LeGrow. [3]

El módulo base es una maceta con forma de ortoedro que se encaja sobre una bandeja o sobre otro módulo análogo. La unidad cuesta 9,95\$.

El sistema de cultivo se compone superponiendo las unidades ortoédricas. Además, se pueden añadir accesorios (luz LED y humidificador), que se encajan en el módulo que queda en la posición superior. Así se obtienen conjuntos como los que se observan en las Figuras 7 y 8.



Figura 7. LeGrow, Composición con LED. [3]



Figura 8. LeGrow. Composición con LED e humidificador [3]

Gracias a la modularidad, el usuario puede adquirir las unidades que desee y ampliar su cultivo en cualquier momento. Sin embargo, se ha identificado algún problema en la manera de aplicar la modularidad. No hay ningún mecanismo para unir los módulos lateralmente: estos se mantienen en su lugar debido a que los situados en el nivel inferior están encajados sobre una bandeja. Por tanto, se deberá comprar la bandeja en función de la forma que se desee y adquirir otra nueva si se quiere ampliar o disminuir el cultivo. Además, los módulos intermedios que aumentan la altura del conjunto no se pueden utilizar para cultivar, lo que supone un desaprovechamiento de espacio y material. Por último, si la luz se sitúa en un punto a mucha altura, esta no iluminará adecuadamente las plantas situadas en la base.

En este proyecto se intentará evitar problemas de este tipo, garantizando que la luz llegue a todos los módulos y que el material y el espacio se aprovechen al máximo posible.

3. Proceso de diseño

3.1. Recipiente

a) Ideación de la forma

El primer paso en el proceso de diseño de *Pétalos* ha consistido en idear una forma para el recipiente, puesto que condicionaría el diseño del resto de elementos del producto. Para ello, se ha procedido a realizar un brainstorming de ideas. Las opciones que se han barajado están recogidas en la Figura 9.

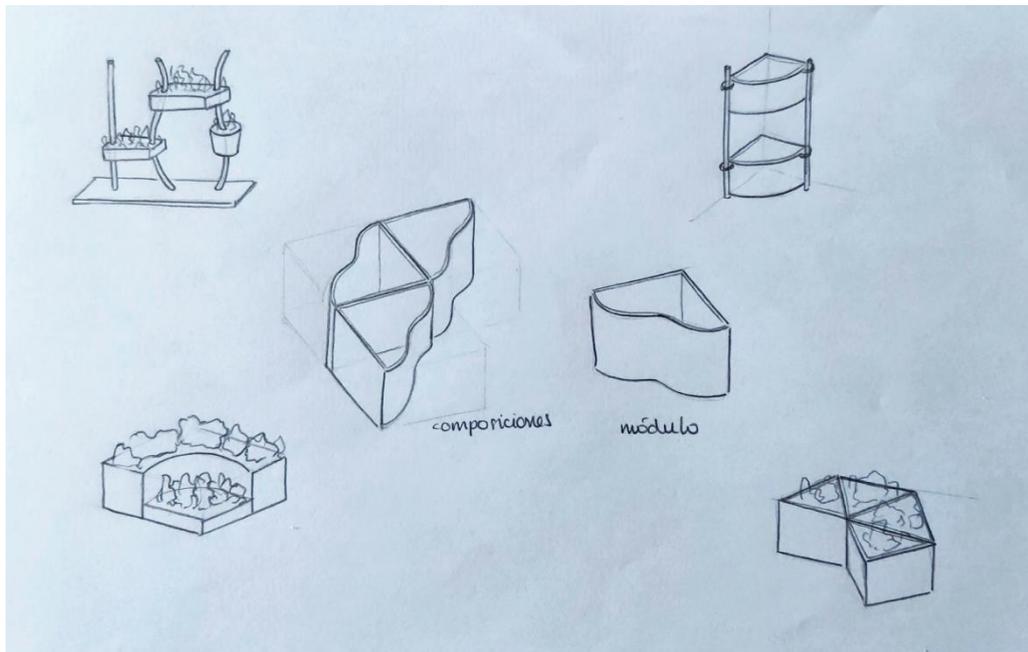


Figura 9. Ideas iniciales. Elaboración propia.

A la hora de seleccionar la idea más conveniente, se han tenido en cuenta dos requisitos fundamentales:

- Modularidad (posibilidad de combinarse con otros recipientes con forma análoga componiendo diversos patrones).
- Capacidad de adaptarse a esquinas. Frecuentemente en los hogares, especialmente en encimeras o mesas de cocinas, el espacio disponible es limitado. Es por ello que interesa que el producto pueda adaptarse a paredes y esquinas, desperdiciando la menor cantidad de superficie posible.

Tras valorar las posibilidades, se ha escogido la opción central en la Figura 9 debido a su versatilidad.

Por un lado, permite agruparse dando lugar a composiciones diversas (algunas combinaciones se muestran en la Figura 10), generando resultados de diferente aspecto y dimensiones en función del espacio disponible y los gustos del usuario.

Por otro lado, funciona también como módulo individual, adaptándose a esquinas y conservando un aspecto atractivo gracias a la curva de su perfil.

La forma de cada módulo, similar a un pétalo, y su manera de agruparse dando lugar a composiciones con aspecto de flores da su nombre al producto.

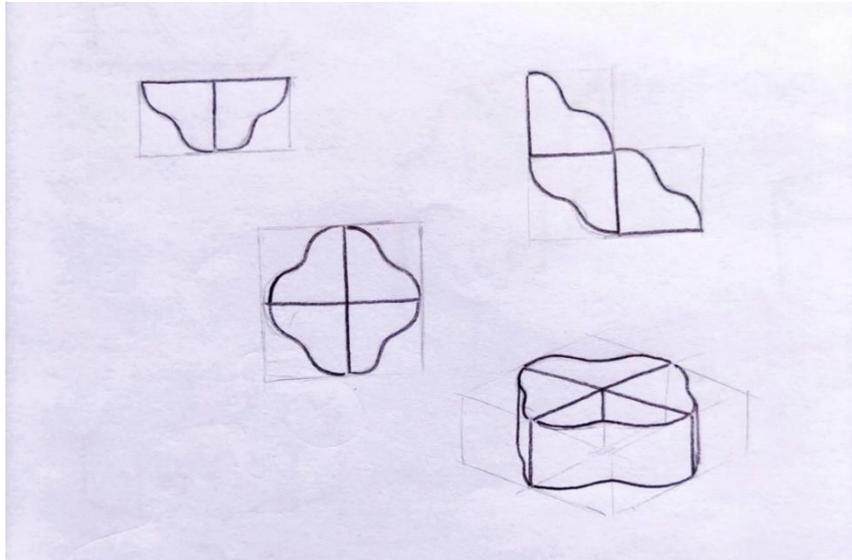


Figura 10. Composiciones a partir del módulo base. Elaboración propia.

b) Descripción del diseño

En la Figura 11 se expone el diseño final del recipiente, visto desde un lateral y desde la parte superior, junto con sus dimensiones principales.

El recipiente consta de dos caras planas que forman un ángulo de 90 grados entre sí y una tercera superficie curva conformada por tres arcos tangentes. Además, la esquina está prolongada verticalmente para alojar el mástil de la lámpara que se describirá en el apartado 3.2.

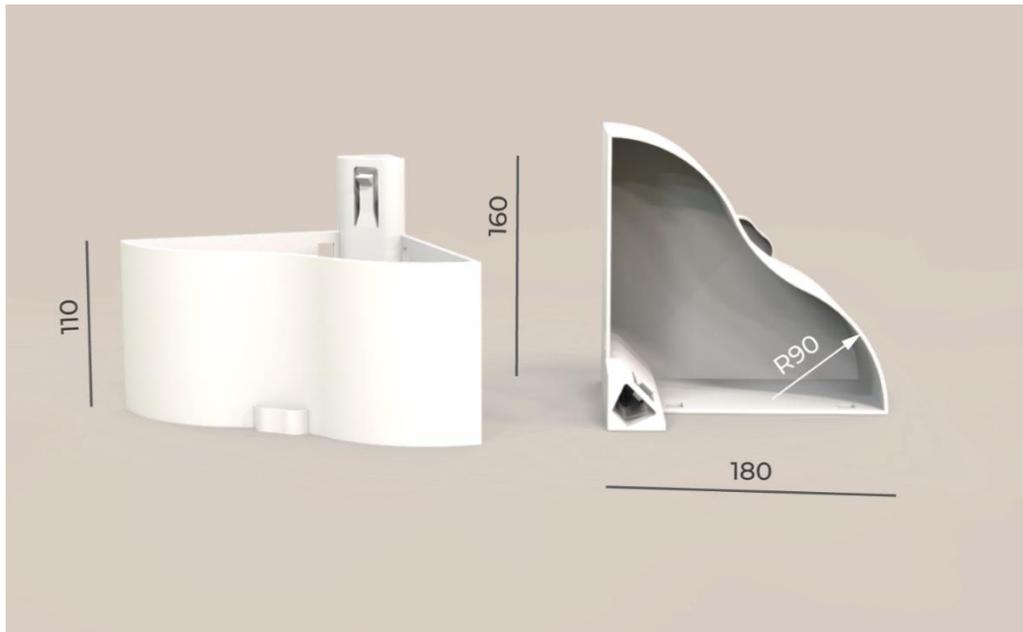


Figura 11. Pétalos: dimensiones principales. Elaboración propia.

Drenaje del agua de riego

Un punto importante a la hora de diseñar el recipiente ha sido garantizar el drenaje del agua de regado. Una situación de encharcamiento en el fondo de una maceta daña las raíces, pudiendo llegar a ocasionar que la planta se pudra [4].

Para evitar esta situación, la primera solución que se ha pensado ha sido inclinar el suelo para hacer fluir el agua hacia la pared curva del recipiente. En la parte inferior de la pared curva se han realizado una serie de agujeros a lo largo de todo el perímetro que permiten la evacuación del agua.

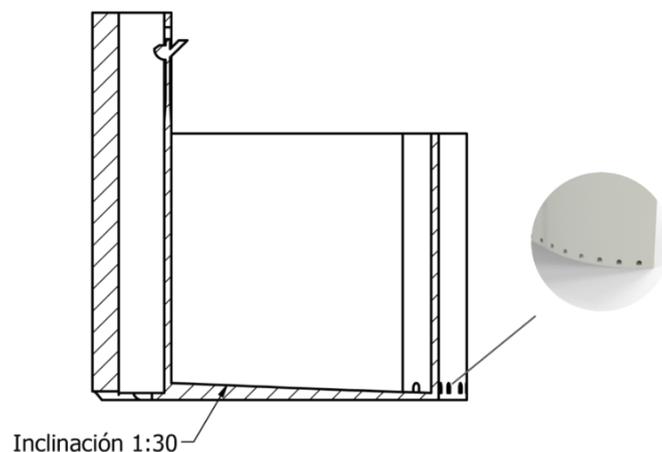


Figura 12. Drenaje del agua: primera solución. Elaboración propia.

Esta opción es efectiva para evitar el encharcamiento de las raíces. No obstante, tiene el problema de que, en caso de que el usuario se exceda ampliamente en el riego, el agua se escapará por los agujeros, llenando de agua la superficie sobre la que se apoye el recipiente.

Por eso, se ha decidido, tras la impresión de un primer prototipo, hacer una segunda versión implementando una solución más efectiva para el problema del drenaje. Se ha optado por dirigir la inclinación del suelo hacia un solo agujero de mayor dimensión situado en el centro de la pared curva y diseñar un pequeño depósito para recoger agua sobrante en caso de exceso de riego.

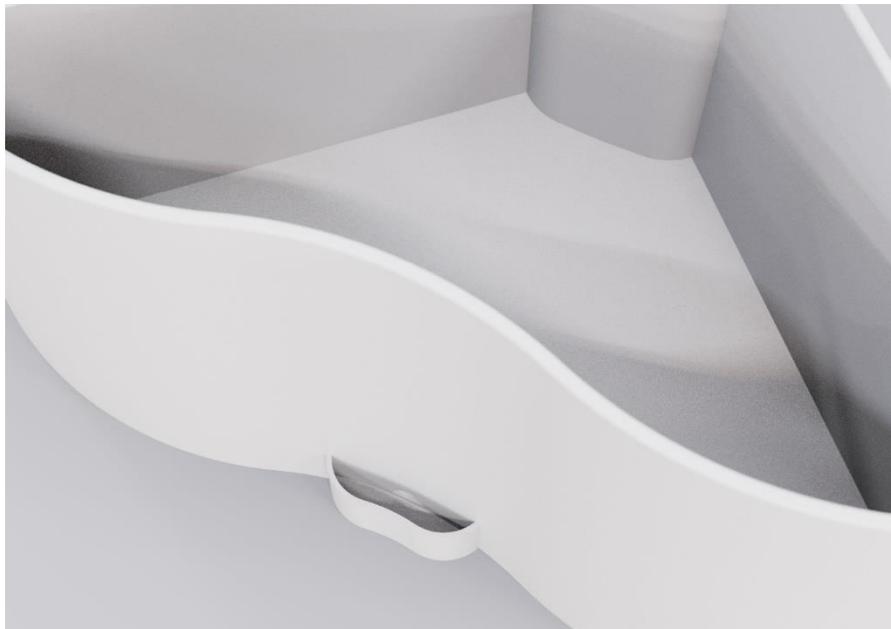


Figura 13. Depósito. Elaboración propia.

Mecanismo de regulación de alturas

Como se ha comentado previamente, en la esquina del recipiente existe un espacio destinado a alojar la lámpara. La unión entre ambas piezas no es fija, sino que permite un deslizamiento en el eje vertical.

Para regular la altura de la lámpara, se ha diseñado un mecanismo para variar la posición vertical sin necesidad de utilizar elementos auxiliares. Esto se ha conseguido mediante una pestaña que se introduce en agujeros dispuestos en línea verticalmente a lo largo del mástil.

La pestaña consta de un saliente que se introduce en los agujeros del mástil y un tirador para ayudar a la flexión. A la hora de dimensionarla, se ha comprobado que su espesor y longitud posibilitaran su flexión hasta liberar el mástil de la lámpara.



Figura 14. Pestaña. Elaboración propia.

Para ello, se ha supuesto que la fuerza que se tiene que ejercer sobre el tirador es de 1kg, un valor moderado que el usuario puede conseguir sin gran esfuerzo. Partiendo de que la altura de la pestaña es de 35 mm y su anchura es de 10mm, y la longitud del saliente que entra en el mástil es de 4mm, se ha procedido a calcular el valor máximo del espesor de la pestaña, a . La situación aparece esquematizada en la Figura 15.

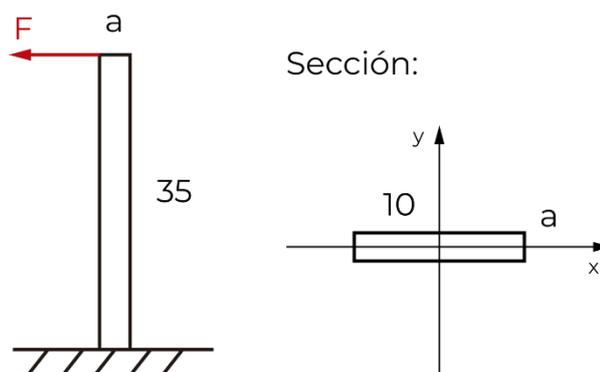


Figura 15. Pestaña: esquema de fuerzas y dimensiones. Elaboración propia.

Para hallar el espesor se ha utilizado la siguiente fórmula, que proviene de la teoría de Euler-Bernoulli:

$$x = \frac{F \cdot l^3}{3 E I} \quad (1)$$

Donde:

- x es el desplazamiento que queremos conseguir para liberar la pestaña, es decir, la longitud del saliente (4mm).
- F es la fuerza a aplicar (1kg o 9,81N)
- l es la altura de la pestaña (35mm).
- E es el módulo de Young del material. En este caso se trata de PLA, que tiene un módulo de 3,4GPa.
- I es la inercia de la sección.

Despejando la inercia en la ecuación (1), se tiene que:

$$I = \frac{9,81 \cdot 35^3}{3 \cdot 3400 \cdot 4} = 10,31mm^4$$

A su vez, la inercia, al tratarse de una sección rectangular, es igual a:

$$I = \frac{10 \cdot a^3}{12}$$

Despejando "a" de la expresión anterior y sustituyendo I por el valor calculado, tenemos que:

$$a = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 10,31}{10}} = 2,31mm$$

Por lo tanto, el espesor máximo que puede tener la pestaña para que se libere el mástil de la lámpara es de 2,31mm. Se le ha dado un espesor de 2mm, con un engrosamiento en la unión de la base para ganar robustez.

Con este mecanismo se consigue que, al ejercer una presión moderada sobre la lámpara, se flecte la pestaña, ajustando cómodamente su posición a la altura deseada.

En la Figura 16 se muestra la pestaña contextualizada en el recipiente. En la base, además de ser más ancha, se han realizado empalmes que incrementan la resistencia. Se disminuye así la probabilidad de que la pestaña parta con la flexión repetida.



Figura 16. Regulación de alturas. Elaboración propia.

Unión entre módulos

Las diversas composiciones que se pueden obtener implican la unión de dos o más módulos por su pared plana. El sistema que se ha ideado consiste en lo siguiente: sobre la pared de un módulo se incorpora un saliente con forma de gancho y, en el lugar correspondiente del módulo al que se va a unir, se realiza un hueco que permita su paso. La forma del saliente está diseñada para que la pared del módulo al que se une apoye en la parte horizontal del gancho. Una vez apoyado, los módulos no se podrán separar tirando de ellos horizontalmente, a no ser que previamente se levante el módulo con el hueco.

A la hora de dimensionar el gancho, se han tenido en cuenta las limitaciones de la impresión 3D. Para evitar el uso de un soporte, el saliente forma un ángulo de 45° con la pared en su parte inferior.

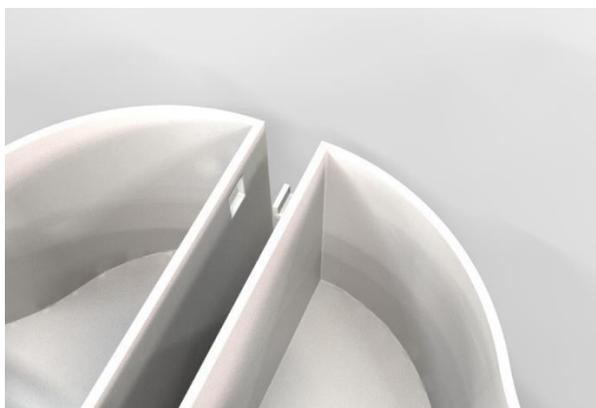


Figura 17. Unión entre módulos. Elaboración propia.

Los salientes y huecos se han ubicado en la parte superior de las paredes, en una zona sin tierra, dado que, de haberse situado más abajo, se produciría una fuga de tierra.

Salida de cables

Para poder conectar el cable de la placa LED a la fuente de alimentación, se ha realizado una perforación en la base del recipiente, en la esquina donde apoya la lámpara, con una guía hacia el exterior.

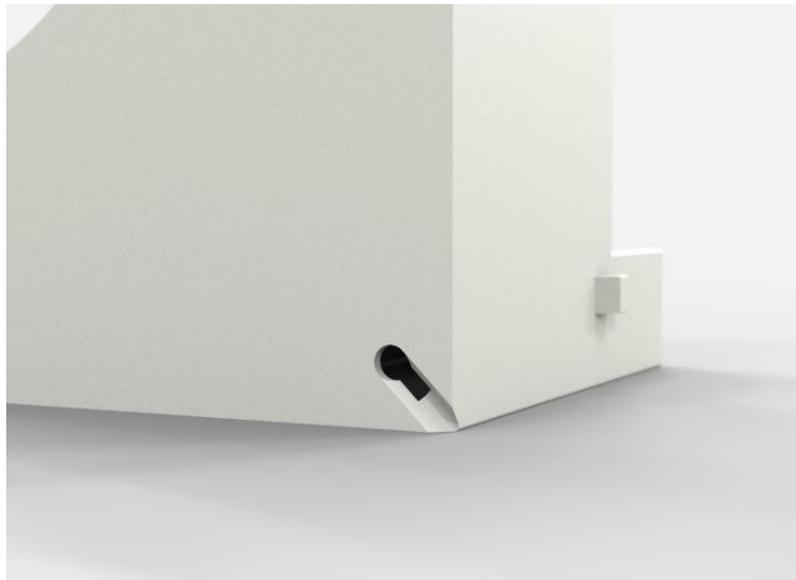


Figura 18. Salida de cables. Elaboración propia.

c) Prototipos y resultado final

Con el objetivo de comprobar que los cálculos y dimensiones eran correctas, así como la factibilidad de la impresión 3D, se han imprimido pruebas de los elementos más críticos a lo largo del proceso de diseño.

Para verificar que las tolerancias entre piezas que encajan entre sí estaban elegidas de manera adecuada, se ha imprimido una sección del mecanismo de regulación de alturas (Fig.19) y otra de la unión entre módulos (Fig. 20).

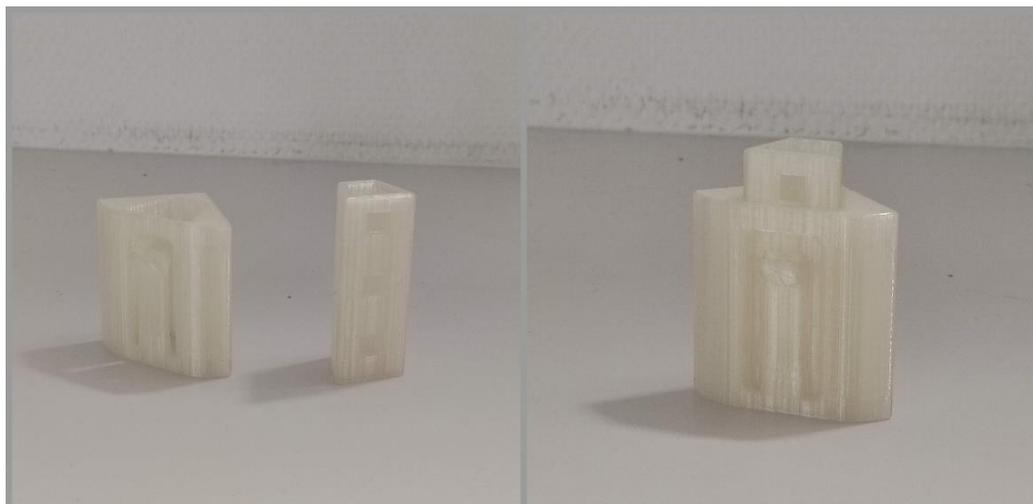


Figura 19. Prototipo del mecanismo de regulación de alturas. Elaboración propia.

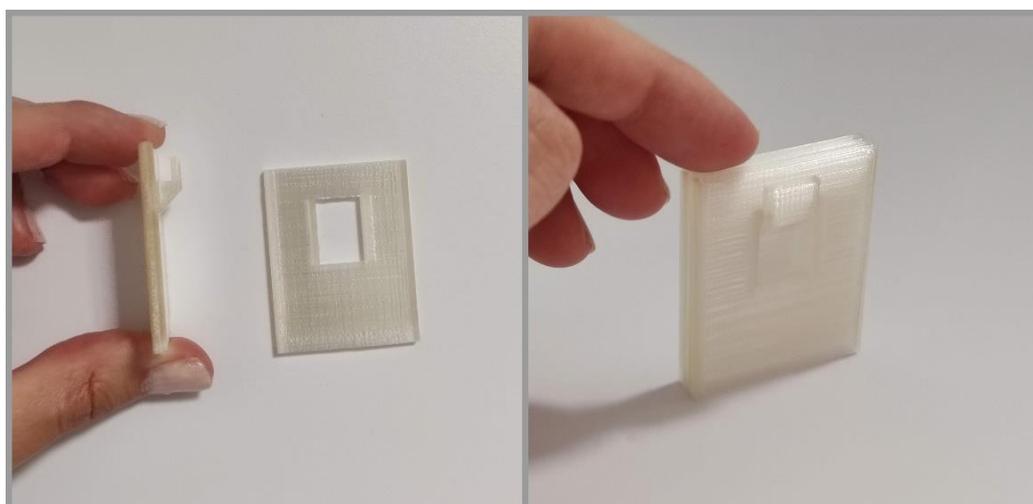


Figura 20. Prototipo del sistema de unión entre módulos. Elaboración propia.

También se ha imprimido un prototipo del recipiente a escala reducida para comparar las proporciones y la resistencia de la pestaña. Tras la prueba, se ha decidido ampliar ligeramente el radio de la pared curva, con el fin de disponer de más espacio para las plantas, y aumentar el radio de los empalmes en la base de la pestaña para disponer de un mayor margen de seguridad frente a la rotura.



Figura 21. Recipiente: primer prototipo. Elaboración propia.

Una vez definidos también los otros elementos del sistema de cultivo (lámpara y tapa), se ha procedido a la impresión a escala real del recipiente, lo cual ha permitido comprobar que todos los detalles habían sido definidos correctamente.

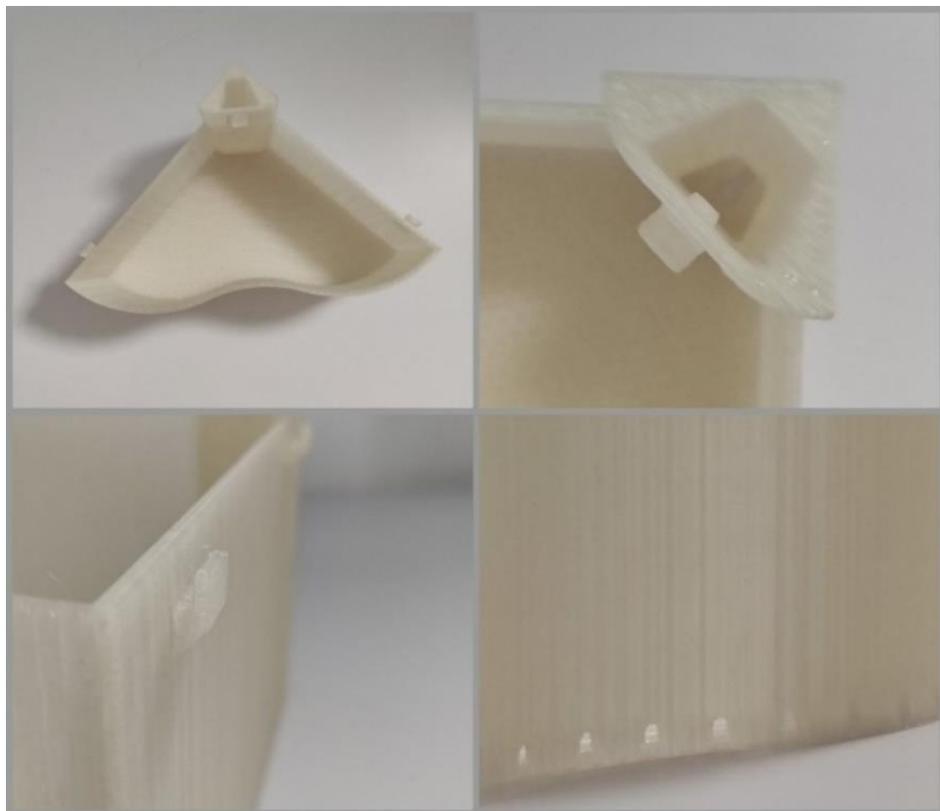


Figura 22. Recipiente: primer prototipo completo. Elaboración propia.

Finalmente, tras implementar la segunda solución para el sistema de drenaje, comentada en el apartado 4.2, se ha imprimido la versión definitiva del recipiente. A esta versión se le han incluido además dos de las opciones de personalización que se expondrán en el capítulo 5: un patrón decorativo en la superficie y soportes para fotos.

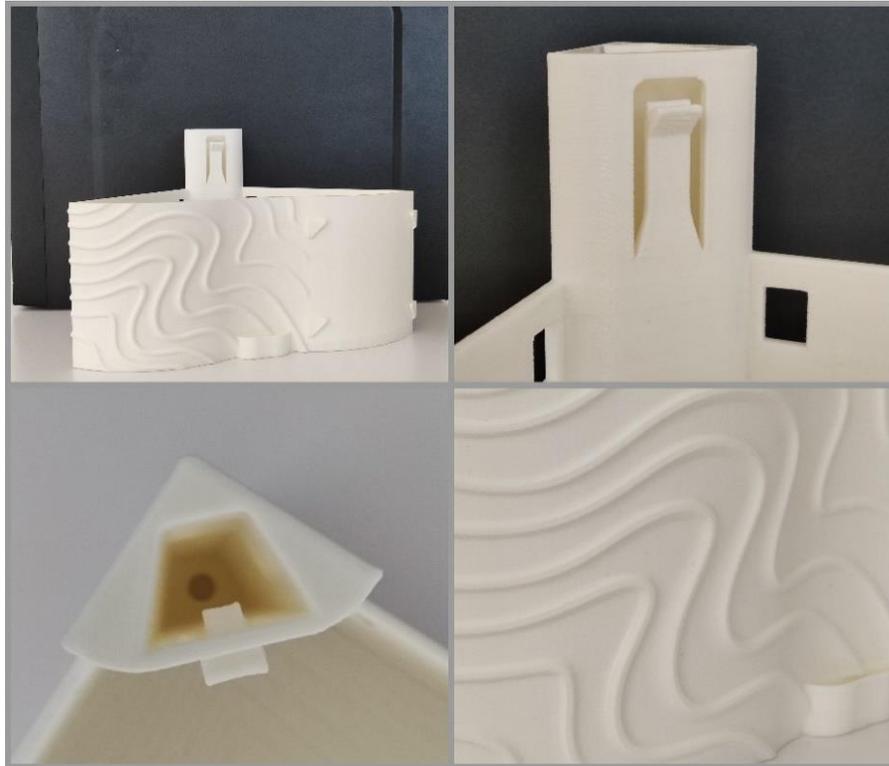


Figura 23. Recipiente: *prototipo definitivo*. Elaboración propia.

3.2. Lámpara

a) Condicionantes

De cara al diseño de la lámpara, se han debido tener en cuenta una serie de condicionantes:

- El tamaño de los componentes de la iluminación. El interior de la lámpara deberá albergar un conjunto placa LED - disipador, como se explicará en el apartado 4.1. Se ha calculado que ocupan, como mínimo, una superficie de 50x50mm con una altura de 17mm.
- La necesidad de ventilación. Para disipar el calor generado por el LED, es conveniente que la lámpara disponga de espacios huecos, especialmente en la parte superior.
- Las dimensiones del recipiente. Se ha tratado de minimizar el tamaño de la lámpara para no obtener un resultado desproporcionado visualmente al ensamblar las dos piezas.

b) Descripción del diseño

En la figura 24 se muestra un render de la lámpara con sus dimensiones máximas en milímetros. Dispone de una zona de mayor anchura para alojar los componentes de iluminación y un mástil que se introduce a lo largo del conducto situado en la esquina del recipiente.

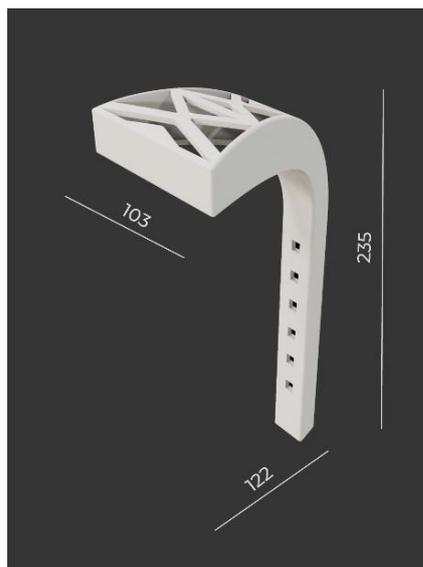


Figura 24. Lámpara: dimensiones. Elaboración propia.

La geometría de la pieza está pensada para que esta pueda ser imprimible en 3D. Así, los laterales son planos, lo que hace posible imprimir la lámpara apoyada sobre esta superficie, como se indica en la figura 25.

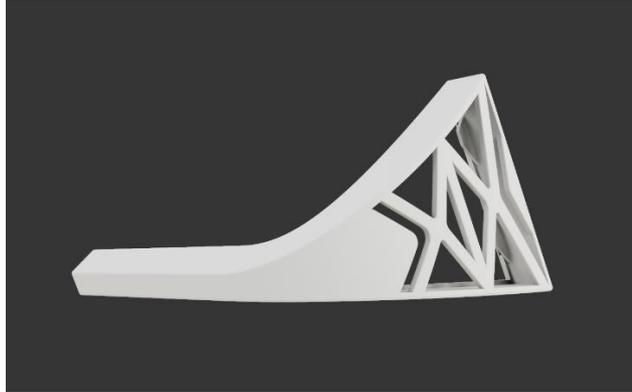


Figura 25. Colocación de la lámpara en la impresión. Elaboración propia.

La parte superior de la lámpara en la zona donde irá alojado el conjunto placa-disipador tiene un diseño con aberturas para posibilitar la ventilación. El patrón está formado por nervios oblicuos diseñados teniendo en cuenta no superar los 45° desde la vertical para que se pueda imprimir la zona sin necesidad de utilizar soporte.

Sistema de regulación de alturas

El mástil de la lámpara consta de seis agujeros dispuestos verticalmente a través de los cuales se introduce el saliente de la pestaña situada en la parte correspondiente del depósito, según se comentó en el apartado 3.1. La distancia entre dos agujeros consecutivos es de 2cm. El rango de movimiento que permite el sistema es, pues, de 10cm.



Figura 26. Depósito y lámpara: regulación alturas. Elaboración propia.

Encaje de la tapa

La parte inferior de la lámpara se cerrará por medio de una tapa, con el objetivo de proteger los elementos del interior y difundir la luz. Tal y como se explicará en el apartado 3.3, la tapa dispone de una serie de pestañas que encajan en tres alojamientos situados en el borde inferior de la lámpara.



Figura 27. Lámpara: alojamientos para la tapa. Elaboración propia.

Ensamblaje de los elementos de iluminación

La primera versión de la lámpara que se ha impreso no preveía una forma de ensamblar los componentes de la iluminación en su interior. En el primer prototipo se han fijado por medio de cuatro puntos de pegamento termofusible en las esquinas del disipador (Figura 28). Esta solución no es factible de cara a comercializar el producto, dado que, en caso de avería de algún componente o de que los leds se fundan, no se podría extraer con facilidad para reponerlo.



Figura 28. Unión mediante pegamento en primer prototipo. Elaboración propia.

Para solucionar este problema, se ha modificado el diseño de la lámpara con el objetivo de que la iluminación encaje en el interior sin necesidad de utilizar elementos de unión o adhesivos. Esto es posible gracias a tres pestañas situadas en el interior de la lámpara; dos de ellas sobre la pared de la parte superior (1 y 2 en la Figura 29) y la tercera sobresaliendo de la pared interior del mástil.

El conjunto de elementos que conforman la iluminación, que se enumerarán en el apartado 6.1, se introducen con un movimiento diagonal hasta quedar apoyados sobre las pestañas 1 y 2. Después, se empuja hacia arriba la parte que ha quedado fuera haciendo que la pestaña 3 flecte hasta permitir el paso de los componentes y que estos queden apoyados sobre ella.

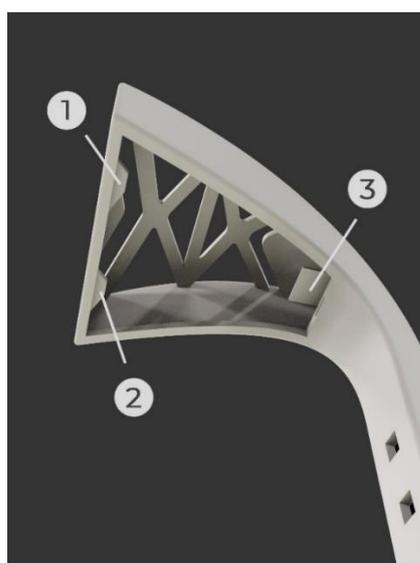


Figura 29. Lámpara: pestañas interiores. Elaboración propia.

Antes de implementar esta solución en el prototipo final, se ha imprimido una sección de la lámpara con este mecanismo y se ha comprobado que el disipador encajaba en el interior correctamente. Tras esto, se ha seleccionado el sistema de pestañas como una solución válida.



Figura 30. Prueba de encaje disipador en lámpara. Elaboración propia.

3.3. Tapa

El tercer elemento que compone *Pétalos* es una tapa destinada a proteger el sistema de iluminación. Se trata de una lámina translúcida que se encaja en el borde de la lámpara gracias dos pestañas ubicadas en su lado mayor y una en el lado menor, que se corresponden con huecos en el borde.

La flexibilidad del material (durabio) es suficiente para que la tapa flecte al insertar las pestañas, adaptándose a la curvatura del perfil de la lámpara.

El lado mayor de la tapa consta de una abertura semicircular, que tiene la función de, introduciendo el dedo o un destornillador o similar y haciendo palanca hacia fuera, hacer saltar la tapa para poder modificar los elementos en su interior.

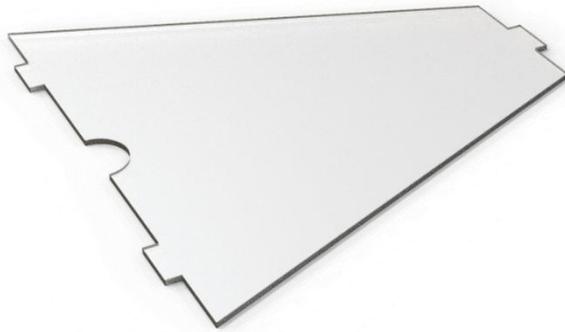


Figura 31. Diseño de la tapa. Elaboración propia.

El prototipo final se ha imprimido y posteriormente limado para incrementar su transparencia y disminuir las huellas de las pasadas de la impresora.

En la figura 32 se observa la diferencia en el acabado entre un prototipo de prueba, sin limar, y el prototipo final limado.

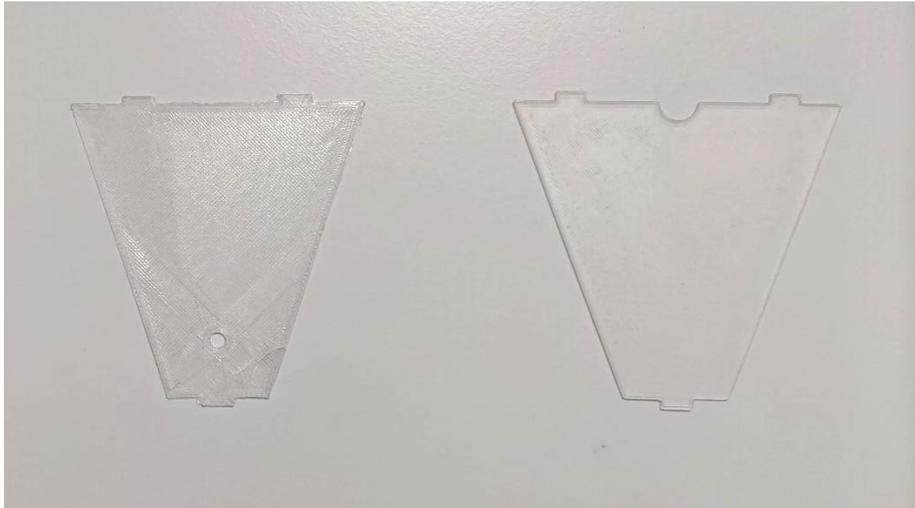


Figura 32. *Tapa: prototipos.* Elaboración propia.

3.4. Materiales utilizados

Para producir los prototipos de *Pétalos* se han empleado dos plásticos diferentes: PLA y durabio. A continuación se exponen los motivos de la elección y las características principales de dichos materiales.

a) PLA

El PLA (ácido poliláctico) es un polímero biodegradable que proviene del ácido láctico [5]. Se puede obtener por vía biotecnológica mediante la fermentación de sustancias naturales ricas en almidón, como por ejemplo el maíz, la remolacha o el trigo [6]. Se degrada por hidrólisis o sometiéndose a un proceso de compostaje.

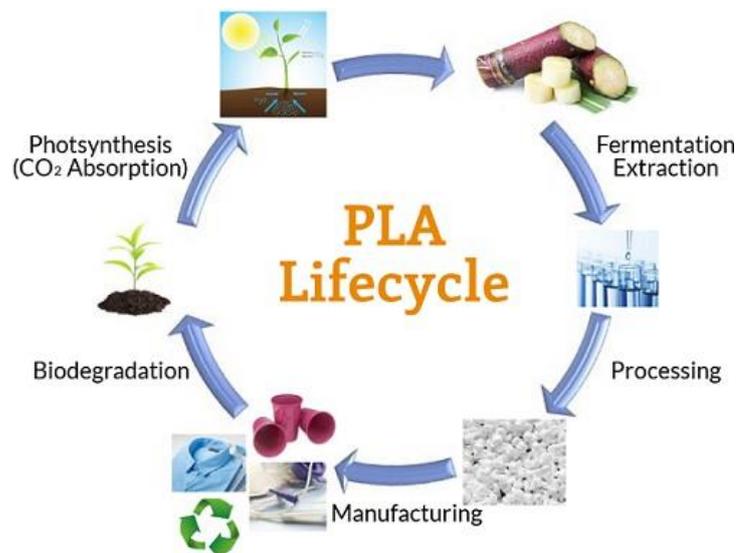


Figura 33. Ciclo de vida del PLA. [7]

Tiene numerosas aplicaciones en la industria textil, biomédica y del embalaje. En los últimos años, ha cobrado mayor importancia por su aplicación como filamento para impresión 3D. Junto con el ABS, es el material más ampliamente utilizado para este fin. Algunas de las propiedades [8] que lo hacen adecuado para la fabricación aditiva son:

- Su temperatura de fusión es relativamente baja (180°C) y, por tanto, no es necesario utilizar una bandeja de impresión calefactada ni una cámara cerrada.

- Las piezas fabricadas en PLA se pueden lijar fácilmente, lo cual es ventajoso para ajustar tolerancias o mejorar acabados superficiales.
- El proceso de impresión es sencillo y no se desprenden humos durante el mismo.

Como inconvenientes, cabe mencionar que sus propiedades mecánicas son inferiores a las del ABS y en ocasiones su elevada viscosidad puede provocar que se bloquee el cabezal.

Este material se ha empleado para producir el recipiente y la lámpara. El prototipo que fabricaremos no estará sometido a sollicitaciones elevadas: el recipiente soporta el peso del sustrato y raíces y, la lámpara, el peso del disipador que, al ser de aluminio, es reducido. Por lo tanto, el PLA resulta un material adecuado para el fin que le daremos.

b) Durabio

El Durabio es un plástico transparente parcialmente biobasado desarrollado por Mitsubishi Chemical [9]. Está formado principalmente por isosorbida, que a su vez proviene del sorbitol, un componente que se obtiene de plantas como el maíz.

Como se puede ver en la Figura 34, combina muchas de las ventajas del PMMA y del policarbonato, superando a este último en transparencia y propiedades ópticas. Otras de sus propiedades son:

- Resistencia a altas temperaturas.
- Ductilidad y resistencia a impactos.
- Químicamente inerte.
- Elevada dureza superficial.

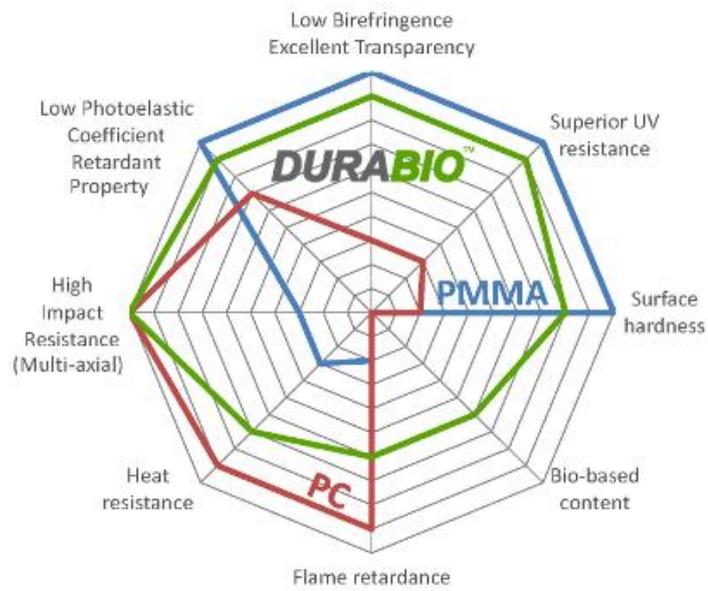


Figura 34. Comparación de las propiedades del durabio, PC y PMMA. [9]

Se ha escogido este material para producir la tapa debido a los requerimientos de transparencia, resistencia y flexibilidad.

4. Sistema de iluminación. Ensamblaje.

4.1. Elementos

El sistema de iluminación está compuesto por tres elementos:

- **Placa LED.**

Se ha escogido el modelo LM301B de Samsung en 3500K y tamaño 50x50mm. Está equipada con 49 leds conectados en paralelo y emite una potencia media de 2611 lumen, con luz de color blanco cálido.



Figura 35. Placa LED LM301B. [10]

- **Disipador de calor.**

Pese a que la eficiencia de los leds es mucho mayor que la de las bombillas incandescentes, el paso de la corriente también genera calor por el efecto Joule [11]. La temperatura alcanza un valor máximo en el punto de unión. Cuanto mayor sea dicho valor, menos eficiente será el LED y, por tanto, menor será su vida útil.

Para disminuir la temperatura en el punto de unión, haciéndola lo más cercana posible a la temperatura ambiente, se emplean los disipadores de calor. Son dispositivos fabricados con materiales con alta conductividad térmica, frecuentemente aluminio, que disipan calor mediante el intercambio térmico con el ambiente.

Para esta aplicación se ha elegido el disipador A10015 de Disipalia. Se ha adquirido una porción de 300mm de largo, con una sección de 100x15mm.

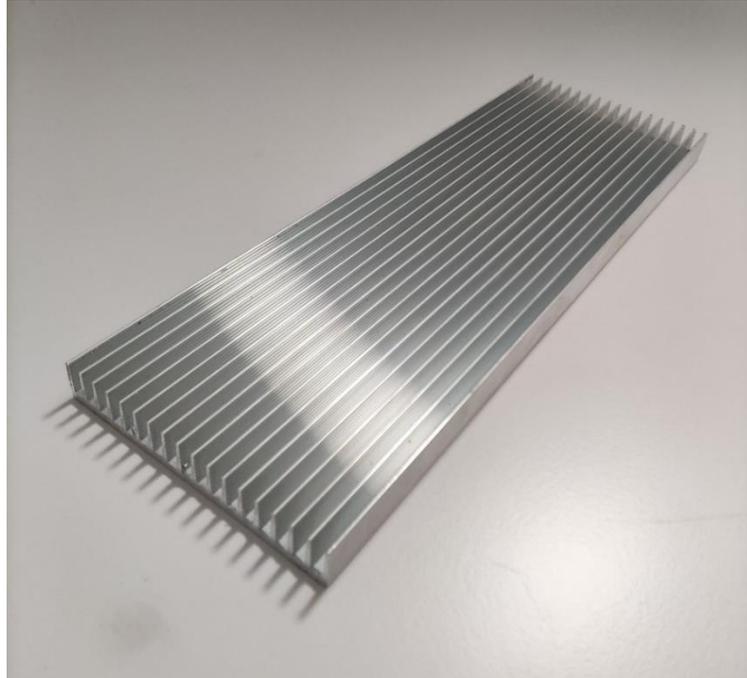


Figura 36. Disipador A10015. Elaboración propia.

A partir de la pieza adquirida, se ha cortado un fragmento con una forma trapecial adaptada a la de la lámpara. Para ello se ha empleado una sierra de mano para metal. Después, se ha retocado con una lima para terminar de adaptarlo a la forma de la lámpara.

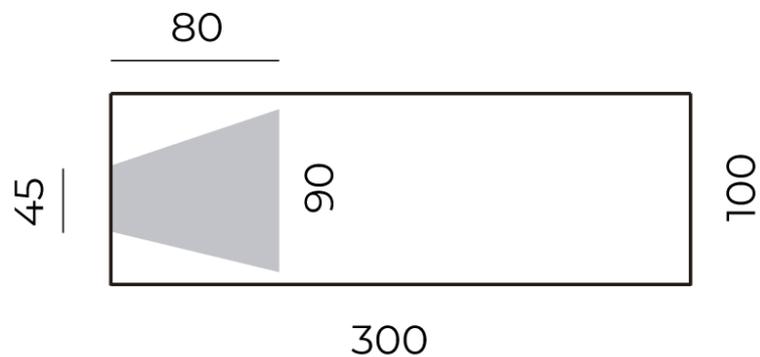


Figura 37. Corte del disipador. Elaboración propia.

- **Fuente de alimentación.**

Se ha utilizado el modelo APC-8-250 de Mean Well, especialmente diseñado para la iluminación LED interior, decorativa o de oficina [12].

Proporciona un voltaje de salida de 16 a 32V y una intensidad de 250 mA.



Figura 38. Fuente de alimentación APC-8-250. Elaboración propia.

4.2. Ensamblaje

Una vez se han tenido impresas las tres piezas que forman *Pétalos* (recipiente, lámpara y tapa) y preparados los tres componentes de iluminación, se ha procedido al ensamblaje del producto.

Para ello se han necesitado los siguientes elementos:

- 2 metros de cable unipolar de 1mm
- Un conector rápido
- Un enchufe con un cable de 20cm
- Una regleta para cables
- Cinta adhesiva de doble cara
- Limas y papel de lija
- Destornillador
- Tijeras
- Guantes protectores
- Alcohol etílico
- Papel absorbente

El primer paso ha consistido en unir la placa LED al disipador de calor. Para ello, previamente se ha limpiado con alcohol etílico la zona donde la superficie

del disipador hace contacto con la placa y se ha secado con papel absorbente. Una vez limpia la superficie, se ha recortado un cuadrado de cinta de doble cara del tamaño de la placa y se han pegado las dos piezas.



Figura 39. Unión placa-disipador. Elaboración propia.

A continuación, se han introducido los cables en los puntos de conexión de la placa LED. Tienen un sistema tal que, simplemente introduciendo el cable y ejerciendo presión hasta que no vaya más lejos, este queda asegurado en su lugar.

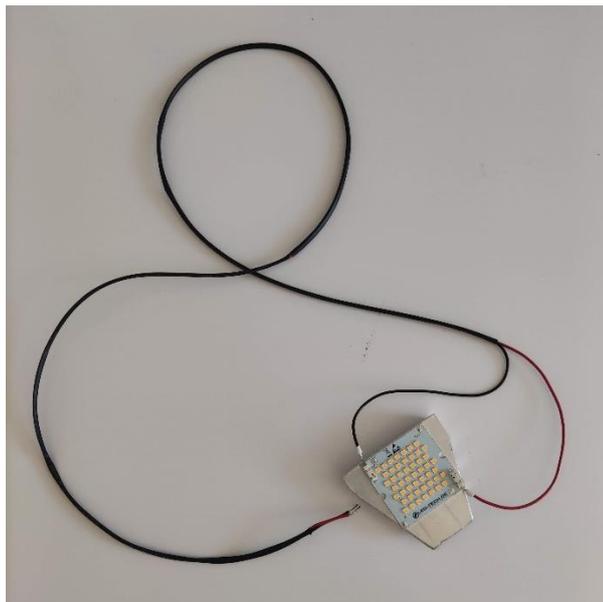


Figura 40. Conexión de cables a la placa LED. Elaboración propia.

Antes de introducir el conjunto placa-disipador en el interior de la lámpara, se ha debido realizar una corrección dimensional entre el recipiente y la lámpara. Debido a las tolerancias de la impresora y la expansión horizontal, el mástil entraba con mucha dificultad en el hueco del recipiente destinado a alojarlo. Este problema se ha resuelto lijando los cuatro lados del mástil con una lima y papel de lija hasta que la lámpara se ha podido introducir en su lugar con facilidad, permitiendo la regulación de la altura.

Una vez corregida la tolerancia entre el recipiente y la lámpara, se han introducido los cables por el interior del mástil de la lámpara y se ha encajado el conjunto placa-disipador en la cavidad de la pieza, gracias a las pestañas diseñadas para ello. Después, se ha instalado la lámpara en el recipiente, extrayendo los cables por el agujero diseñado en la base con este fin.

Por último, se ha conectado la placa a la fuente de alimentación por medio de una regleta para cables, y, a su vez, la fuente al enchufe por medio de un conector rápido.

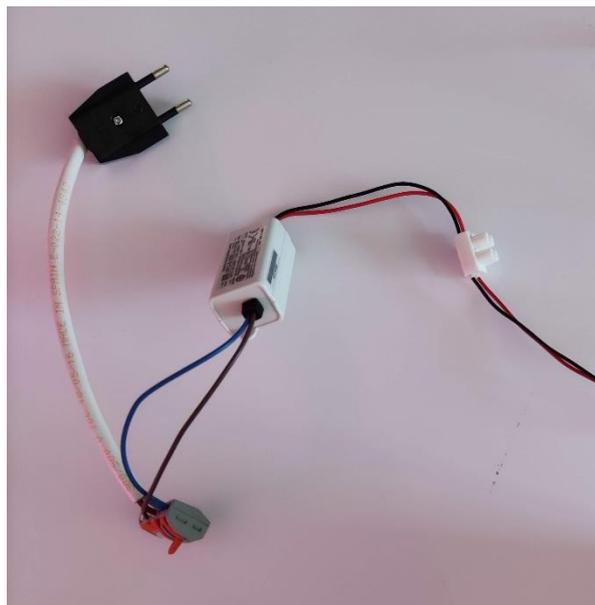


Figura 41. Unión placa-fuente-enchufe. Elaboración propia.

Una vez completados estos pasos, se ha obtenido el prototipo final de *Pétalos*, que se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 42. *Prototipo final.* Elaboración propia.



Figura 43. *Iluminación.* Elaboración propia.



Figura 44. *Referencia de escala.* Elaboración propia.

4.3. Estudio de temperatura

Para comprobar que los elementos que conforman el sistema de iluminación están elegidos correctamente, se ha llevado a cabo un test de temperatura. El objetivo es hallar la temperatura de unión y comprobar que esta no supera a la temperatura máxima recomendada por el fabricante de la placa LED.

La temperatura de unión (*junction temperature*, T_j) es la temperatura máxima que alcanza el dispositivo de iluminación. Cuanto mayor sea su valor, menor será la eficiencia del LED.

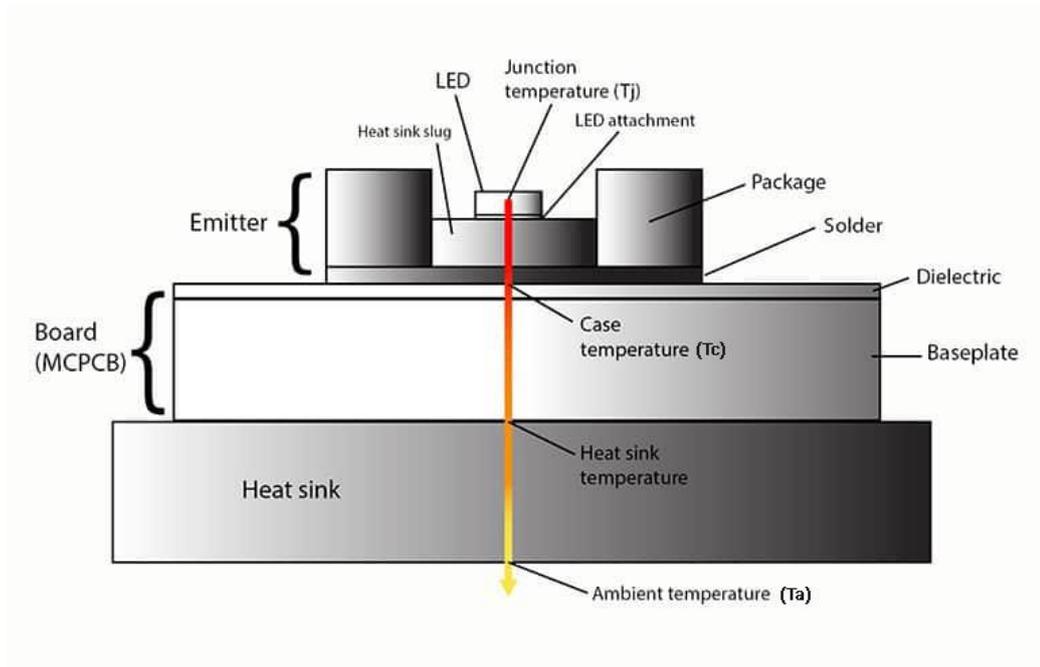


Figura 45. Esquema de temperaturas entre LED, disipador de calor y ambiente. [13]

Depende de la temperatura ambiente, la energía aplicada y las resistencias térmicas entre la unión del LED y la temperatura ambiente [14]. Se puede hallar utilizando la siguiente fórmula:

$$T_j = T_c + P_d \cdot R_{j-c} \quad (2)$$

Donde:

- T_c es la temperatura en la cápsula.
- P_d es la potencia disipada.
- R_{j-c} es la resistencia térmica entre la unión y la cápsula.

Para realizar el estudio, se ha mantenido la placa LED encendida, una vez ensamblada al disipador e introducida en la lámpara, y se ha medido la temperatura en la cápsula y en diversos puntos del disipador al cabo de media

hora y al cabo de una hora, momento en el cual la temperatura está estabilizada.

Para las mediciones de temperaturas se ha empleado un termopar UNI-T UT320D, con la sonda de tipo K seleccionada. El procedimiento consiste en poner en contacto la sonda con el punto cuya temperatura se desea conocer y esperar unos segundos hasta que el valor se haya estabilizado. Tras esto, habremos obtenido la temperatura que buscamos, que aparece en la pantalla del termopar.

Los puntos sobre los que se ha medido la temperatura son:

- Las cuatro esquinas del disipador, tanto en la cara superior como en la inferior.
- Para obtener la temperatura en la cápsula, en la hoja de datos facilitada por el fabricante se indica que dicha temperatura se mida sobre un punto del cátodo del LED.

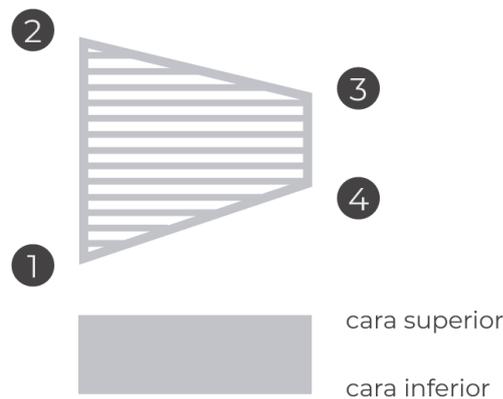


Figura 46. Puntos de medida en disipador. Elaboración propia.

En la tabla 1 se recogen las temperaturas en el disipador y la cápsula tras 30 minutos y una hora de funcionamiento. Se ha obtenido un valor para T_c de 39°C.

		1	2	3	4	T_c
30 minutos	Cara superior	38,3	38,5	38,4	38,1	37,5
	Cara inferior	37,3	37,5	37,5	37,4	
1 hora	Cara superior	39,3	39,7	39,6	39,5	39,0
	Cara inferior	37,5	37,8	37,6	37,7	

Tabla 1. Temperaturas en el disipador y la cápsula. Elaboración propia.

El valor de R_{j-c} es proporcionado por el fabricante en la hoja de datos, y es de $7,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$. Este es el dato para cada uno de los leds; para hallar la temperatura de unión necesitamos calcular la resistencia total, sabiendo que los leds están conectados en paralelo.

$$\frac{1}{R_{j-c}} = \frac{1}{7,5} \cdot 49 \rightarrow R_{j-c} = 0,153^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

El valor de la potencia disipada no figura en la hoja de datos, por tanto se asumirá que es el 50% de la potencia eléctrica, una hipótesis conservadora para contar con cierto margen de seguridad. La intensidad de corriente suministrada por la fuente de alimentación que se está utilizando es de 250 mA. Para esta intensidad el voltaje es de 18,65V.

$$P_d = 0,5 \cdot (V \cdot I) = 0,5 \cdot 18,65 \cdot 0,25 = 2,7975 \text{ W}$$

Llegados a este punto, disponemos de todos los datos para calcular la temperatura de unión utilizando la ecuación (2).

$$T_j = 39 + 2,7975 \cdot 0,153 = 39,43^{\circ}\text{C}$$

En la hoja de datos figura una temperatura de unión máxima de 110°C y una temperatura de funcionamiento máxima de 85°C . Se ha comprobado que la temperatura que alcanza la unión con el disipador elegido se encuentra muy por debajo del límite; por tanto, se conseguirá una vida útil adecuada.

5. Personalización y publicidad

5.1. Variantes sobre el diseño

Una de las principales ventajas de la fabricación mediante impresión 3D es la posibilidad de adaptar el producto a las necesidades y gustos del cliente.

Es por ello que se han ideado una serie de variaciones, tanto a nivel estético como a nivel funcional, que el cliente podría elegir para obtener un sistema de cultivo personalizado.

- Diferentes **dimensiones**.
- Variaciones de **color**. Se han escogido cinco colores (lila, blanco, amarillo, negro y verde) cuyos códigos aparecen en la figura 47.



Figura 47. Variaciones de color. Elaboración propia.

- **Decoración de la superficie**. Se pondría a disposición del cliente una serie de patrones que se imprimen en relieve sobre la superficie curva del recipiente. Los motivos serían o bien decorativos o bien una palabra o pequeña frase a elegir por el usuario.

En la Figura 48 se recogen los patrones que se han diseñado y, en la Figura 49, un render de demostración de cómo resulta al adaptarse a la superficie del recipiente.

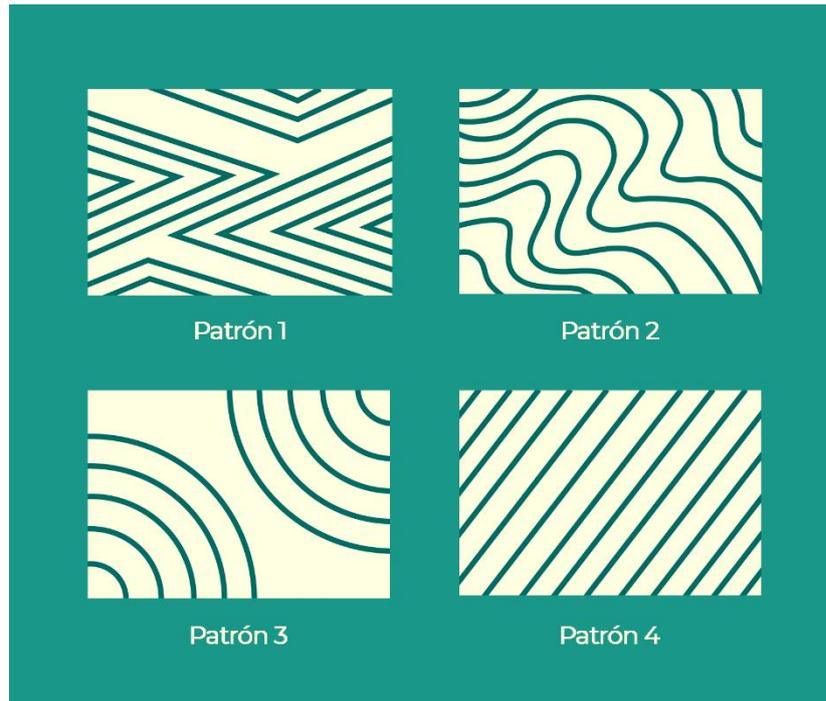


Figura 48. Patrones decorativos. Elaboración propia.



Figura 49. Render con patrón 2. Elaboración propia.

- Incorporación de elementos que aportan **nuevas funcionalidades**. Al recipiente se le puede agregar una pequeña bandeja para posar objetos de dimensiones reducidas, como podrían ser llaves, monedas, etc.

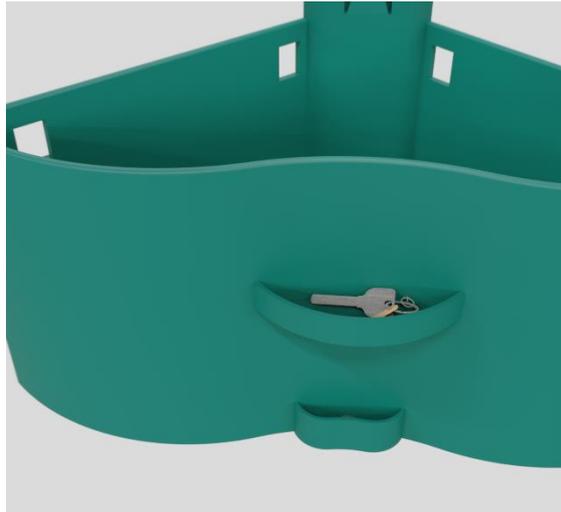


Figura 50. Render con bandeja. Elaboración propia.

- También se ha pensado en la posibilidad de emplear el producto como **portafotos**. Para ello se añaden cuatro salientes en la superficie curva que sirven de guía para introducir un folio y mantenerlo en su posición. En la Figura 51 se ha colocado un calendario.



Figura 51. Render con calendario. Elaboración propia.

- A todas estas posibilidades se le suma la propiedad de **modularidad** del producto, que permite al usuario combinar el número de sistemas de cultivo que desee en diferentes maneras. En las Figuras 52 y 53 se muestran dos composiciones que se consiguen utilizando cuatro y tres módulos, respectivamente.



Figura 52. Composición 1. Elaboración propia.



Figura 53. Composición 2. Elaboración propia.

Este conjunto de opciones confiere a Pétalos un alto grado de adaptabilidad, tanto a los gustos del usuario como al espacio en que se ubicará el producto. A continuación se exponen una serie de imágenes de integración del sistema de cultivo en diferentes espacios domésticos. Como se puede ver en la Figura 56, en el caso de ubicación en un dormitorio, el producto podría hacer las veces de lámpara de mesa.



Figura 54. Render de integración en una cocina. Elaboración propia.



Figura 55. *Render de integración en dormitorio con luz diurna.* Elaboración propia.



Figura 56. *Render de integración en dormitorio con luz nocturna.* Elaboración propia.

5.2. Vídeo publicitario

Para dar una idea de cómo podría estimularse la introducción de *Pétalos* en el mercado, se ha elaborado un vídeo publicitario que muestra las principales virtudes del producto.

En el vídeo aparecen tanto imágenes renderizadas como vídeos del prototipo. Las animaciones y los renders se han realizado con el software Keyshot y para el montaje se ha utilizado Adobe Premiere Pro.

En las siguientes figuras se recogen algunos fotogramas del vídeo y el código QR con el enlace para visualizarlo en YouTube, también accesible con el link: <https://youtu.be/8KPL2mFFHUQ>.



Figura 57. Fotograma seleccionado 1. Elaboración propia.



Figura 58. Fotograma seleccionado 2. Elaboración propia.



Figura 59. Fotograma seleccionado 3. Elaboración propia.



Figura 60. Enlace al vídeo en YouTube

6. Estudio económico

La última fase del proyecto ha consistido en realizar un análisis aproximado de costos para estimar un precio del producto en el mercado. A continuación se procede a desglosar los costes.

a) Costes de fabricación

Coste de operaciones

Operación	Tiempo (h)	Coste (€/h)	Total (€)
Impresión 3D	26	0,50	13,00
Corte del disipador	5 min	30	2,50
		TOTAL	15,50

Tabla 2. Coste de operaciones. Elaboración propia.

Coste de materiales

Material	Cantidad (g)	Precio (€/kg)	Total (€)
PLA	300g (depósito) + 50g (lámpara)	23,50	8,23
Durabio	6g (tapa)	90	0,54
		TOTAL	8,77

Tabla 3. Coste de materiales. Elaboración propia.

b) Costes de los componentes de iluminación

Componente	Cantidad / Unidades	Precio (€)	Total (€)
Placa LED	1 unidad	10,84	10,84
Disipador de calor	0,08 m	23,97€/m	1,92
Fuente de alimentación	1 unidad	9,47	9,47
		TOTAL	22,23

Tabla 4. Coste de los componentes de iluminación. Elaboración propia.

c) Costes de diseño

Se calcula que, una vez obtenido el diseño de base, personalizarlo a los requerimientos del usuario podría suponer, de media, media hora de trabajo. Siendo el coste de diseño de 45€/h, obtendríamos un coste de **22,50€** por producto.

d) Coste total

Sumando los costes anteriores, tenemos que el coste total de un producto es de **69€**. El precio de venta en el mercado sería aproximadamente el doble, 138€.

Conclusiones del estudio económico

El precio de venta en el mercado resulta demasiado elevado. Comparando con otros productos existentes que tienen más prestaciones a nivel tecnológico, no es factible vender *Pétalos* por más de 100 euros.

Por lo tanto, sería necesario realizar una serie de cambios para recortar costes. Algunas propuestas son:

- Utilizar plástico reciclado para la impresión del depósito y la lámpara en lugar de PLA. Además de ser responsable con el medio ambiente, abarataría los costes, puesto que el plástico reciclado cuesta alrededor de 4€/kg. Haciendo esto se reduciría el coste de materiales a **1,94€**.
- El proceso de personalización podría automatizarse, por ejemplo, diseñando de antemano todo el rango de opciones que se ofertan al usuario. Así, en el momento de compra, el trabajador podría conseguir la variante escogida por el usuario con unos pocos clicks. Suponiendo que la tarea es realizada por un delineante que tarda 10 minutos en personalizar el producto y cobra 35€ la hora, reducimos el coste de diseño a **3,50€**.
- Para reducir el coste de operaciones, se puede disminuir el tiempo de impresión 3D variando los parámetros que configuran el relleno. Suponiendo que reducimos el tiempo de impresión a la mitad, el coste de operaciones sería de **9€**.

Llevando a cabo todas las acciones propuestas, el coste total del producto disminuiría de 69 a **36,67€**. Así, el precio de venta en el mercado rondaría los 74€, un valor más factible teniendo en cuenta las funcionalidades ofrecidas y los precios de otros productos similares.

Este precio podría ser variable en función del grado de personalización que requiera el cliente. Cuantas más funcionalidades o elementos decorativos quiera añadir, más complicado será obtener el producto que desea de forma totalmente automatizada. Por ello, una opción podría ser establecer un precio base para el producto con una o dos características personalizadas y, a partir de ese punto, incrementar el precio si el usuario desea más características adicionales.

7. Conclusión

7.1. Aportaciones realizadas

Considero que el trabajo realizado ha cumplido los objetivos que se habían propuesto y ha conseguido una serie de aportaciones valiosas.

Una de las principales aportaciones es la modularidad, dado que es la cualidad que más escasea entre los sistemas de cultivo domésticos existentes; de hecho, a fecha del trabajo solamente se ha encontrado una opción. Este era uno de los tres puntos en los que se ha centrado el proyecto y podemos afirmar que se ha conseguido un buen resultado.

La segunda dirección principal de este trabajo ha sido la personalización, que se ha comentado ampliamente en el apartado 5. La capacidad de implementar variaciones sobre el diseño base de *Pétalos* lo distingue de otros productos ya existentes y justifica la fabricación del mismo mediante impresión 3D.

Por otro lado, en cuanto a la sostenibilidad, tercer punto de interés del proyecto, el hecho de poder efectuar el ensamblaje sin elementos de unión ni adhesivos posibilita la reutilización de los materiales y la reparación de piezas individuales. Se evita así desechar partes útiles, lo cual está en concordancia con los principios de la economía circular. Los materiales empleados en el prototipo tienen un origen natural e, incluso, se podría utilizar plástico reciclado en su lugar. Además, la luz LED tiene un bajo consumo energético.

En cuanto a la estética, partiendo de las limitaciones de forma que implica el querer diseñar un producto modular, se ha logrado un aspecto agradable. Al no tener una figura con una presencia demasiado marcada, se adapta a casi cualquier entorno doméstico, independientemente del estilo del mismo.

La función última de cualquier producto es mejorar de alguna forma la vida de la gente. *Pétalos* proporciona acceso a productos naturales a personas que carecen de la posibilidad de cultivar en un huerto, a un precio relativamente asequible y sin necesidad de disponer de un espacio amplio. Es una oportunidad no solo de alimentarse de manera más saludable y sostenible, sino también de obtener la satisfacción de consumir un producto plantado y cuidado por uno mismo, y de adquirir una nueva fuente de entretenimiento.

7.2. Líneas futuras

Se han pensado dos posibles vías de ampliación de este proyecto.

Un camino podría ser implementar funciones tecnológicas al producto que puedan facilitar su uso, como sensores para el encendido y apagado automático de la luz o indicadores para informar sobre la necesidad de riego. No obstante, hay que tener en cuenta que estas novedades incrementarían el precio de venta, haciendo que el producto dejara de ser asequible para una parte de la población.

Otra vía puede ser diseñar nuevas formas para el depósito en las que también encaje la lámpara que se ha utilizado en este proyecto. Se conseguiría así más variedad en las composiciones obtenidas por modularidad.

8. Bibliografía

- [1] “Indoor Herb Gardens and Indoor Gardening Kits: Click & Grow”. Click & Grow EU [En línea]. Disponible en: <https://eu.clickandgrow.com/> [Accedido: 18 de febrero de 2021]

- [2] “Growlt Farm Smart Jardín de interior”. Klarstein España [En línea]. Disponible en: <https://www.klarstein.es/Electrodomesticos-de-cocina/Smart-garden/> [Accedido: 18 de febrero de 2021]

- [3] “LeGrow Modular Garden Indoor”. LeGrow [En línea]. Disponible en: <https://legrow.co/> [Accedido: 19 de febrero de 2021]

- [4] “Drainage Is Critical to Plant Health”. University of Illinois Extension [En línea]. Disponible en: https://web.extension.illinois.edu/containergardening/choosing_drainage.cfm [Accedido: 15 de mayo de 2021]

- [5] R. A. Gross, and B. Kalra, "Biodegradable Polymers for the Environment," *Science* 297, no. 5582, pp. 803-07, 2002 [En línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3831986> [Accedido: 4 de mayo de 2021]

- [6] L. Serna Cock, A. Rodríguez de Stouvenel, “Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte”. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 5, no. 001, pp.54-65, diciembre de 2005 [En línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120509487672> [Accedido: 4 de mayo de 2021]

- [7] “Polylactide (PLA): Complete Guide to Accelerate your ‘Green’ Approach”. Omnexus [En línea]. Disponible en: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polylactide-pla-bioplactic> [Accedido: 4 de mayo de 2021]

- [8] “Guía completa: el filamento PLA en la impresión 3D”, 3Dnatives, agosto de 2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/guia-filamento-pla-en-la-impresion-3d-190820192/#> [Accedido: 4 de mayo de 2021]
- [9] “Durabio: New Bio-based Engineering Plastic”, Mitsubishi chemical, enero de 2018 [En línea]. Disponible en: <https://www.mcpglobal.com/en/asia/products/brand/durabiotm/> [Accedido: 3 de mayo de 2021]
- [10] “49x Samsung LM301B Square 50 High-Performance 3500K”. Led-tech.de, 2021 [En línea]. Disponible en: <https://www.led-tech.de/en/49x-Samsung-LM301B-Square-50-3500k#> [Accedido: 5 de mayo de 2021].
- [11] “Importancia de los disipadores térmicos en productos de iluminación LED”. As de LED, 2012 [En línea]. Disponible en: <https://www.asdeled.com/2012/10/el-por-que-de-los-disipadores-termicos/> [Accedido: 15 de junio de 2021].
- [12] “Controlador LED Mean Well APC-8-250”. RS Components [En línea]. Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/drivers-de-led/8813986/?sra=pmpn> [Accedido: 5 de mayo de 2021]
- [13] “Junction Temperature”. Vektrex, mayo de 2021 [En línea]. Disponible en: <https://www.vektrex.com/junction-temperature/> [Accedido: 21 de junio de 2021].
- [14] “Preventing Excessive LED Junction Temperature”. Digi-Key’s North American Editors, noviembre de 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.digikey.es/es/articles/preventing-excessive-led-junction-temperature> [Accedido: 17 de junio de 2021]