



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos**

**Área de Proyectos de Ingeniería**

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE AUTOCONSUMO PARA EL  
INTERIOR DE VIVIENDAS**

Grado en

**Diseño Industrial y Desarrollo del Producto**

Autor: **Celia Gil Delgado**

Tutor: **Noelia Marzal Peña**

MÁLAGA, enero de 2.023





## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es el diseño de un sistema de producción agrícola de autoconsumo para el interior de viviendas; adaptable, versátil y de precio medio, capaz de encajar en cualquier hogar.

Para ello, se ha analizado a un público objetivo que guíe los parámetros del diseño, así como estudiado la viabilidad del diseño con respecto al mercado actual, las especificaciones técnicas y económicas.

Finalmente, mencionar que el producto consta de un equilibrio entre calidad; garantizado por un estudio de materiales y parámetros técnicos; y sostenibilidad, apoyada en un análisis de su ciclo de vida.

The objective of this project is the design of a self-consumption agricultural production system for the interior of homes; adaptable, versatile and of medium price, able to fit in any home.

For this, a target audience has been analyzed to guide the design parameters, as well as studied the viability of the design with respect to the current market, technical and economic specifications.

Finally, it is worth mentioning that the product consists of a balance between quality; guaranteed by a study of materials and technical parameters; and sustainability, supported by an analysis of its life cycle.

**Palabras clave:** autoconsumo, producción agrícola, interior, vivienda, autocultivo, modular, espacio, diseño, agriucultura vertical, estética minimalista.



# ÍNDICE GENERAL

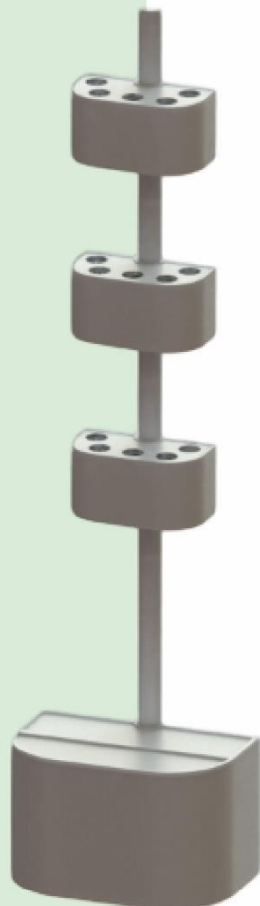
I. MEMORIA .....	13
1. Objeto .....	17
2. Alcance .....	17
3. Antecedentes .....	17
4. Normas y referencia .....	18
5. Programas de cálculo.....	19
7. Bibliografía y otras referencias .....	19
8. Definiciones y abreviaturas .....	20
9. Requisitos de diseño: bases y datos de partida.....	20
10. Análisis de soluciones .....	21
11. Diseño de detalle.....	23
12. Planificación de la realización del proyecto .....	40
13. Orden de prioridad de documentos.....	40
II. ANEXOS.....	44
Anexo 1: Encuesta .....	45
Anexo 2: Estudio de viabilidad .....	54
Anexo 3: Especificaciones del producto.....	68
Anexo 4: QFD .....	73
Anexo 5: Estudio de materiales .....	80
Anexo 6: Selección de alternativas .....	87
Anexo 7: Simulación .....	94
Anexo 8: Análisis de ciclo de vida .....	101

III. PLANOS .....	115
1. Conjunto.....	124
2. Macetero depósito .....	125
3. Tapa 1 depósito .....	126
4. Tapa 2 depósito .....	127
5. Semitubo de unión .....	128
6. Semitubo .....	129
7. Macetero.....	130
8. Tapa .....	131
9. Cesta. ....	132
10. Tapa Semitubo.....	133
11. Boquilla bomba .....	134
11. Tubo bomba .....	135
IV. PLIEGO DE CONDICIONES .....	132
1. Objeto .....	134
2. Documentos para el proyecto.....	134
4. Calidades mínimas de los materiales .....	139
5. Embalaje.....	141
6. Montaje.....	141
7. Condiciones de uso, funcionamiento y mantenimiento .....	141
V. MEDCIONES Y PRESUPUESTO .....	146
1. Mediciones.....	148
2. Presupuesto .....	149



# MEMORIA

Sistema de producción agrícola de autoconsumo para el interior de viviendas



Autora: Celia Gil Delgado  
Tutora: Noelia Marzal Peña  
Universidad de Málaga



# I. MEMORIA

## ÍNDICE

<b>I. MEMORIA .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Objeto .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Alcance .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Antecedentes .....</b>	<b>17</b>
<b>4. Normas y referencia .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Programas .....</b>	<b>19</b>
<b>6. Bibliografía y otras referencias .....</b>	<b>19</b>
<b>7. Definiciones y abreviaturas .....</b>	<b>20</b>
<b>8. Requisitos de diseño: bases y datos de partida.....</b>	<b>20</b>
<b>9. Análisis de soluciones .....</b>	<b>21</b>
9.1. Materiales .....	21
9.2. Alternativas de diseño .....	21
<b>10. Diseño de detalle.....</b>	<b>23</b>
10.1. Geometría general.....	24
10.1.1. Módulo.....	24
10.1.2. Depósito.....	27
10.1.3. Semitubo de unión.....	30
10.1.4. Piezas extra .....	31
10.2. Material, fabricación y proveedores.....	33
10.2.1. Material.....	33
10.2.2. Fabricación .....	33
10.2.3. Proveedores.....	34
10.3. Ensamblaje y montaje.....	37
10.3. Embalaje .....	39
<b>11. Planificación de la realización del proyecto .....</b>	<b>40</b>
<b>12. Orden de prioridad de documentos.....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Boceto 1 .....	22
Figura 2 – Boceto 2 .....	22
Figura 3 – Boceto 3 .....	23
Figura 4 - Macetero .....	24
Figura 5 - Semitubo.....	24
Figura 6 - Tapa .....	25
Figura 7 - Cesta .....	25
Figura 8 – Esquema funcionamiento del conjunto módulo .....	25
Figura 9 – Medidas conjunto módulo.....	26
Figura 10 – Conjunto módulo ensamblado .....	27
Figura 11 – Tres módulos conectados .....	27
Figura 12 – Macetero depósito.....	28
Figura 13 – Macetero depósito y tapa 1 depósito ensamblados .....	28
Figura 14 – Macetero depósito con tapa 1 y tapa 2 ensamblados .....	28
Figura 15 – Dimensiones conjunto depósito .....	29
Figura 16 – Semitubo de unión.....	30
Figura 17 – Semitubo de unión y depósito ensamblados .....	30
Figura 18 - Dimensiones Semitubo de unión.....	31
Figura 19 – Boquilla .....	28
Figura 20 – Tubo bomba .....	28
Figura 21 – Tapa semitubo .....	29
Figura 22 – Dimensiones piezas extra .....	30
Figura 23 – Producto ensamblado de tres módulos.....	30
Figura 24 - Controlador, mando y fuente de alimentación .....	31
Figura 25 – Tira luz LED.....	28
Figura 26 – Transformador para tira LED .....	28
Figura 27 – Bomba de agua .....	29
Figura 28 – Cubos de lana de roca.....	30
Figura 29 – Tornillos.....	30
Figura 30 - Tacos .....	31
Figura 31 – Junta tórica.....	29
Figura 32 – Clips de cable .....	30
Figura 33 – Paso 1 montaje .....	30
Figura 34 - Paso 2 montaje .....	31
Figura 35 – Paso 3 montaje .....	30
Figura 36 - Paso 4 montaje .....	31
Figura 37 – Paso 5 montaje .....	28
Figura 38 – Paso 6 montaje .....	28
Figura 39 – Paso 7 montaje .....	29
Figura 40 – Paso 8 montaje .....	30
Figura 41 – Paso 9 montaje .....	30
Figura 42 - Caja de cartón .....	31

Figura 43 – Embalaje interno.....	29
Figura 44 – Diagrama de Gantt.....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abreviaturas.....	20
Tabla 2 – Dimensiones conjunto módulo.....	26
Tabla 3 – Dimensiones conjunto depósito.....	29
Tabla 4 – Dimensiones semitubo de unión.....	31
Tabla 5 – Dimensiones piezas extra.....	32

## 1. Objeto

El objetivo del presente proyecto es crear un producto de Indoor Farming modular autosuficiente con sistema hidropónico.

La situación actual se encuentra ante un cambio de paradigma energético que está haciendo replantearnos acciones cotidianas, como la gestión alimentaria doméstica. Además, la nueva era digital ha causado que la población tenga en su mano cada vez más información sobre todos los procesos que hay detrás de la producción alimentaria y lo perjudiciales que son tanto para su salud, como para el medio ambiente.

Con esta filosofía, nace la innovación del negocio “Food”, apoyada en la tecnología, ofrece la posibilidad de cultivar nuestra propia comida. El Indoor Farming, es una tendencia que ofrece para el sector doméstico un huerto modular, controlable desde cualquier smarthphone y con tecnología hidropónica (cultivos en base de agua a diferencia de la base de sustrato que ofrece el cultivo tradicional). Esta técnica de cosecha, no solo permite sembrar en el interior del hogar, además hace posible escalar la producción, así como cosechar permanentemente, aun a pesar de las estaciones.

## 2. Alcance

En este proyecto de diseño, se dará solución a un producto de Indoor Farming que ofrezca la posibilidad, a todo consumidor, de poder cultivar en un pequeño espacio de su hogar los vegetales que consumen en su día a día, garantizando así alimentos de primera calidad, sin pesticidas y de “kilómetro 0”.

Este proyecto, se propone con la intención de que sea accesible para la mayoría de los hogares, por lo que será un producto versátil, adaptable y de precio medio.

Otro de los objetivos principales, es aportar a la sociedad un diseño sostenible y consciente con la actual situación climatológica, gestando con cada producto de Indoor Farming que nace, una “revolución en la agricultura urbana”, pues como afirma el profesor Dickson de la Universidad de Columbia; “Si cada ciudad en la tierra aumenta en un 10% sus productos “indoor”, esto permitiría dejar de utilizar 340,000 millas en cultivos y devolvérselas al bosque, que en retribución puede absorber tanto dióxido de carbono como para llevar la atmósfera a los niveles de 1980”.

## 3. Antecedentes

En esta última década, el avance de la tecnología ha provocado que la población esté al alcance de mucha más información sobre temas más alejados de su cotidianidad. Uno de ellos es el de la industria alimentaria y todo lo que hay detrás de ella, replanteándose sus acciones cotidianas y teniendo una visión de la alimentación cada vez más consciente y empática con el ecosistema, enfocada en conseguir alimentos de máxima calidad respetando el medio ambiente, a través de la mínima utilización de recursos y productos químicos. Esto ha provocado el surgimiento de propuestas ya bastante implantadas en la población; como la compra de productos locales o de granja en mercados, la incorporación en casi todas las cadenas de supermercados de una sección de alimentos ecológicos, o, el surgimiento de huertos de autoconsumo tanto en residencias familiares como en espacios urbanos.

La propuesta más reciente e innovadora, es la de la creación de productos Indoor Farming. La principal ventaja de la agricultura vertical o Indoor con respecto a la agricultura tradicional es el aprovechamiento masivo del espacio, donde pasa de una producción en 2D (terrenos en el exterior) a una en 3D, utilizando ahora la dimensión de la altura. Esta nueva forma de cultivo supone ahorros de un 95% en agua y reduce en un 40% el empleo de fertilizantes con respecto a la agricultura tradicional. Además, se tratan de procesos automatizados casi por completo, necesitando una mínima cantidad de mano de obra muy cualificada. El único inconveniente es que, al no aprovechar la luz solar como los cultivos tradicionales, requiere de un gran consumo de energía que alimente el cultivo a través de luces LED. 1

Existen ya algunas empresas en el mercado que venden productos de este tipo, enfocados a su uso en hogares y restaurantes (Anexo II). Sin embargo, la mayoría de la competencia actual es de ámbito internacional, quedando España un poco atrás, donde solo podemos encontrar ciertos proyectos empresariales de menor magnitud.

1. (Opazo, J. G., 2019)

#### 4. Normas y referencia

Normativa para la realización del proyecto:

*-UNE 157001:2002: Criterios generales para la elaboración de proyectos*

Normativas acerca de actividades nocivas e insalubres, afectarían al tener un sistema de autocultivo en el interior de casa:

*-Decreto 1414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (Artículo 3)*

Normativas sobre condiciones de habitabilidad en viviendas que se deben de tener en cuenta:

*-Ley 5/1995, de 7 de abril, de condiciones de habitabilidad en edificios de viviendas y promoción de la accesibilidad general.*

Normativas sobre agricultura que afectan directamente:

*-Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo.*

*-APA/543/2019, de 26 de abril, por la que se definen los bienes y los rendimientos asegurables, las condiciones técnicas mínimas de cultivo, el ámbito de aplicación, los periodos de garantía, las fechas de suscripción y los precios unitarios en relación con el seguro de explotaciones de hortalizas bajo cubierta, en la Península y en la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, comprendido en el cuadragésimo Plan de Seguros Agrarios Combinados.*

*-UNE 155 001 (Frutas y hortalizas para consumo en fresco. Producción controlada de cultivos protegidos).*

Normativa para la implantación de sistema de luces LED al producto:

-CTE HE 3 “Condiciones de las instalaciones de iluminación”

## 5. Programas

Para la realización de este proyecto se han empleado ciertos programas de cálculo:

- SOLIDWORKS 2022 Simulation: Empleado para la realización de un análisis estático de esfuerzos al producto (Anexo 8: Simulación)
- SOLIDWORKS 2022 Sustainability: Empleado para la realización de un análisis del ciclo de vida del producto (Anexo 9: Análisis de Ciclo de Vida)
- Excel 2016: Empleado para:
  - Diagrama de Gantt (Memoria: apartado 12).
  - Análisis de los valores de la encuesta (Anexo 1: Encuesta).
  - QFD (Anexo 4: QFD).
  - Matriz Pugh para la evaluación de materiales (Anexo 5: Estudio de materiales).
  - Matriz Pugh para la evaluación de alternativas (Anexo 6: Selección de alternativas).

## 6. Bibliografía y otras referencias

Alcalde Fernández, M., & Arcusa Moragrena, G. (1999, 30 abril). Huertos de autoconsumo como modelo de asentamiento humano. Habitat. <http://habitat.aq.upm.es>

Despommier, D. D. (2010). The Vertical Farm. St Martin's Press.

Español, P. V. (2017, 10 de octubre). “Indoor farming”: agricultores de puertas adentro. Medium. <https://medium.com>

Eva Self Efficient Home Farming System. (s. f.). Francois Hurtaud Design. Recuperado 20 de noviembre de 2020, de <https://www.francoishurtaud.com>

Guía de procesos de fabricación para plásticos. (s.f.). Formlabs. <https://formlabs.com>

Mariano. (s.f.). INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS I. Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

Michiko Takagaki, Genhua Niu, & Toyoki Kozai (Eds.). (2016). Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Elsevier.

Opazo, J. G. (2019, 16 noviembre). Agricultura Indoor, qué es y como cambiará la forma de alimentarnos. La Huerta Digital. <https://lahuertadigital.es>

PET. (s.f.). Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

## 7. Definiciones y abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en el proyecto y su respectiva definición:

Abreviatura	Definición
UNE	Una Norma Española
APA	American Psychological Association
QFD	Quality Function Deployment
PC	Policarbonato
PET	Tereftalato de polietileno
ABS	Termoplástico de Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno
LED	light-emitting diode
∅	Diámetro

Tabla 1. Abreviaturas

## 8. Requisitos de diseño: bases y datos de partida.

Una vez analizado a un público objetivo mediante una encuesta (Anexo I), realizado un estudio de viabilidad (Anexo II), establecido las especificaciones que debe de incorporar el producto (Anexo III) y analizadas mediante un QFD (Anexo IV), se establecen ciertos requisitos con los que solucionar este problema de diseño:

- Económico
- Desmontable
- Pequeñas dimensiones
- Modular para poder adaptar el tamaño al espacio disponible
- Estética minimalista que de protagonismo a los vegetales cultivados
- Materiales y métodos de fabricación sostenibles
- Materiales y métodos de fabricación que garanticen la calidad y vida útil del producto
- Fácil uso
- Riego automático/ sistema automatizado
- Fácil despiece y limpieza

Según las condiciones técnicas y económicas estudiadas en el Anexo II, se establece una producción de 10000 unidades de acuerdo con el estudio de viabilidad realizado.

## 9. Análisis de soluciones

### 9.1. Materiales

Se ha realizado un Estudio de Materiales (Anexo V) donde se comparan tres materiales que encajarían con las especificaciones y requisitos de diseño que propone este producto. Los tres materiales seleccionados fueron tres termoplásticos; PC, PET y ABS. En este análisis, se han contemplado distintos criterios de comparación que afectaban de manera directa a los requerimientos del producto:

- Precio
- Densidad
- Coeficiente de Poisson
- Dureza de Vickers
- Modulo a cortante
- Tenacidad a fractura
- Conductividad térmica
- Durabilidad en entornos solares
- Durabilidad en entornos marinos

Tras la evaluación se ha establecido que el material de fabricación más óptimo para el producto es el termoplástico PET. Sus características más destacables son:

- Totalmente reciclable
- Resistencia y rigidez muy altas
- Resistencia a la torsión
- Elevada resistencia a la deformación térmica
- Alta resistencia a la intemperie
- Muy buena estabilidad dimensional
- Excelente resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas
- Fisiológicamente inerte (aprobado para estar en contacto con alimentos)

### 9.2. Alternativas de diseño

Una vez decidido el material más adecuado para la fabricación de este tipo de producto, se ha procedido a la ideación de tres distintas alternativas solución al problema propuesto:

La primera, se caracteriza por un sistema modular hidropónico sin riego automático. Cada módulo hace de macetero contenedor de la solución nutritiva y los vegetales y posee una estructura superior que funciona de sujeción para las luces LED por un lado y de soporte para el siguiente módulo por el otro:

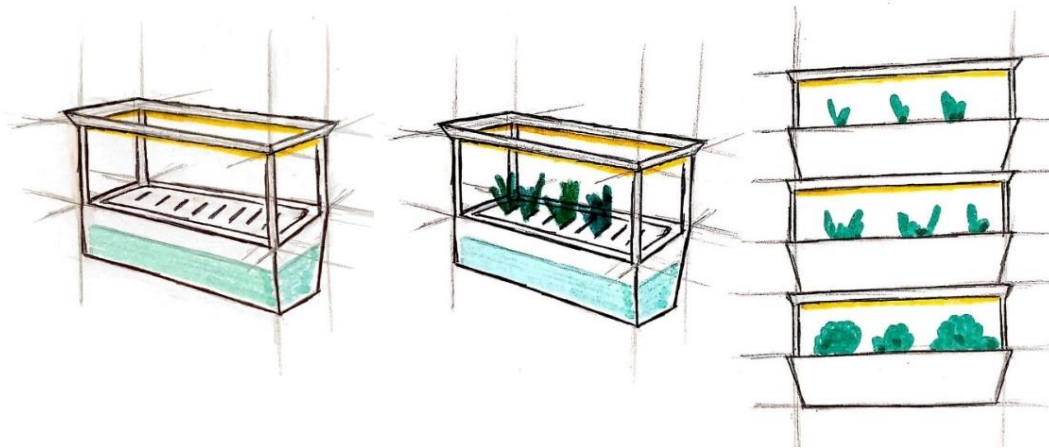


Figura 1 - Boceto 1

La segunda, también se trata de un sistema modular hidropónico, pero ahora, con un diseño que funciona como circuito de la solución nutritiva, consiguiendo que incorpore un sistema de riego automático. Otra característica diferenciadora de este sistema, es que se trata de un producto de pared:

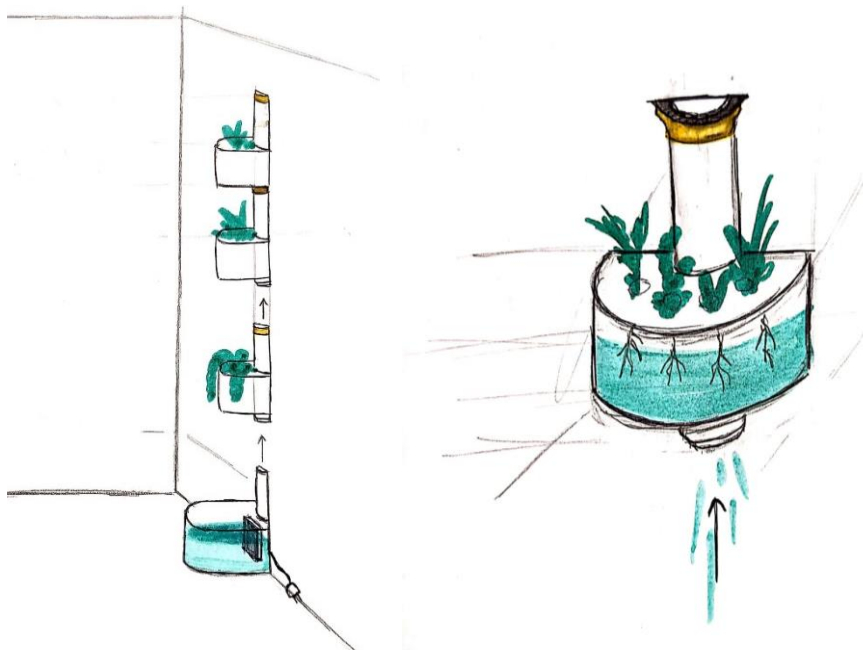


Figura 2 - Boceto 2

La última alternativa, está basada tanto su estética como funcionamiento en el de una fuente de agua. Se trata también de un sistema hidropónico y con riego automático, pero en este caso no es modular, es decir, tendrá un único tamaño:

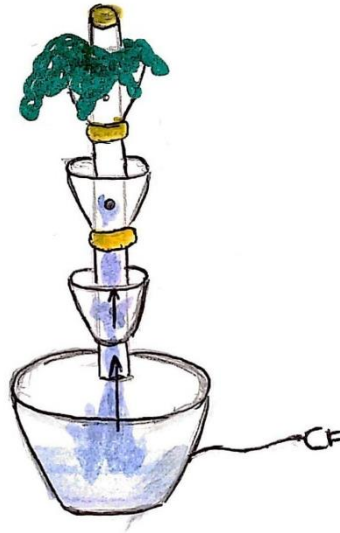


Figura 3 – Boceto 3

Las tres alternativas están diseñadas para que puedan ser colocadas en exterior o interior a gusto del consumidor, es decir, las tres ofrecen una zona donde poder incorporar tiras de luz LED si así se requiere.

Estas tres propuestas han sido analizadas y comparadas (Anexo VII) según los distintos criterios que se habían establecido como requisitos imprescindibles del diseño final, y se ha establecido que la mejor alternativa es el boceto 2.

## 10. Diseño de detalle

El producto solución es el desarrollo de la alternativa 2. En cuanto a materiales, toda la estructura principal es fabricada del termoplástico PET; a excepción de tres piezas extra, fabricadas en caucho. El resto de piezas y elementos electrónicos adicionales son encargados a empresas ya fabricados.

El producto se compone por una serie de piezas diferenciadas en tres grupos: módulo, depósito, semitubo de unión y piezas extra.

Se ha conseguido diseñar una solución eficiente y que cumple todos los requisitos funcionales con el menor número de piezas posibles de geometría simple, con el fin de facilitar su montaje, desmontaje, limpieza y reparación.

## 10.1. Geometría general

### 10.1.1. Módulo

El módulo se trata del principal conjunto de piezas, donde estarán los vegetales. Se ha llamado módulo puesto que está diseñado para que el usuario incorpore al sistema cuántos módulos prefiera (encajan el uno con el otro en línea vertical).

Este conjunto consta de:

**El macetero**, donde se encontrarán las raíces de los vegetales y a los que les llegará la solución nutritiva cuando sea necesario. Tiene forma de prisma rectangular con dos de los bordes redondeados y consta en su parte trasera de una muesca en forma de medio círculo por el que encaja y se comunica con el semitubo de módulo.

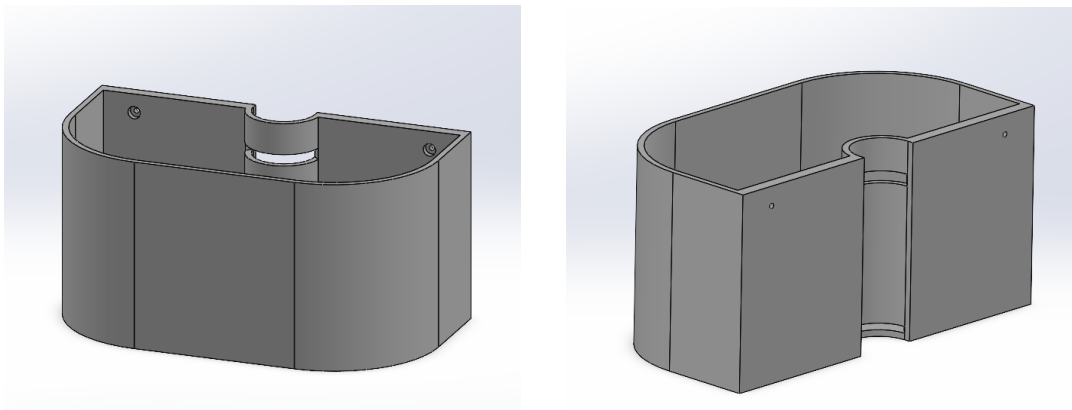


Figura 4 - Macetero

**El semitubo**, diseñado para encajar a la perfección con el macetero y comunicar la solución nutritiva del depósito con cada módulo. Está diseñado para que la solución nutritiva suba por el semicírculo más pequeño y entre a cada macetero por los cinco minitubos, así como para que salga del macetero cuando supere el nivel de rebose y caiga por la segunda zona del semitubo hasta el depósito. Además, sirve de unión entre cada módulo y de sujeción para la tira LED en caso de que el consumidor la requiera.

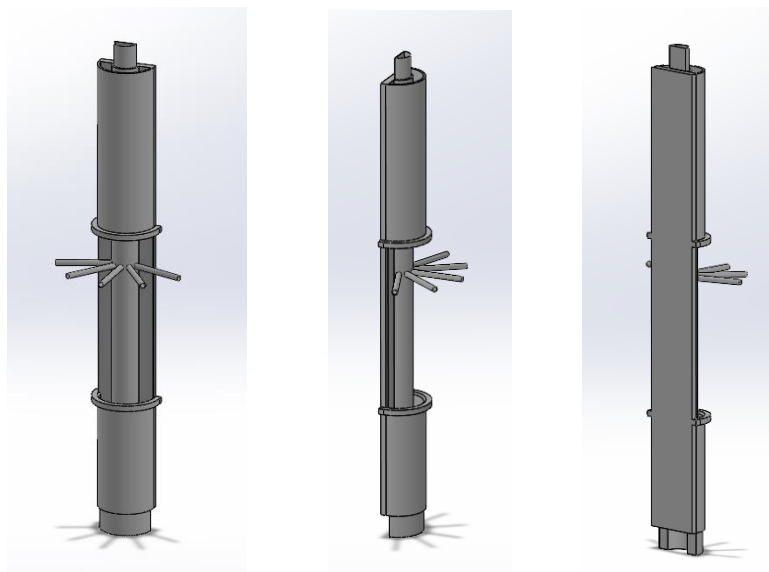


Figura 5 - Semitubo

**La tapa**, creada con la misma geometría que el macetero y con 5 orificios por los cuales saldrían las hojas y frutas de los vegetales. Los orificios están diseñados para encajar con unas cestas del mismo diámetro las cuales sujetarían los cubos de lana de roca donde se colocarían las semillas y dejarían crecer las raíces de los vegetales hacia el interior del macetero.

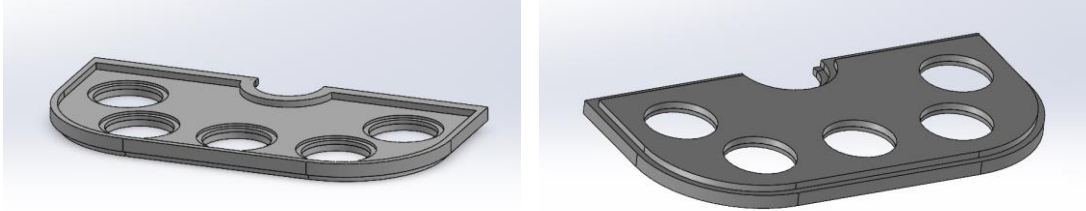


Figura 2 - Tapa

**La cesta**, de las cuales habría cinco por cada módulo. Permite el riego del cubo de lana de roca, así como el crecimiento de las raíces hacia el interior del macetero.

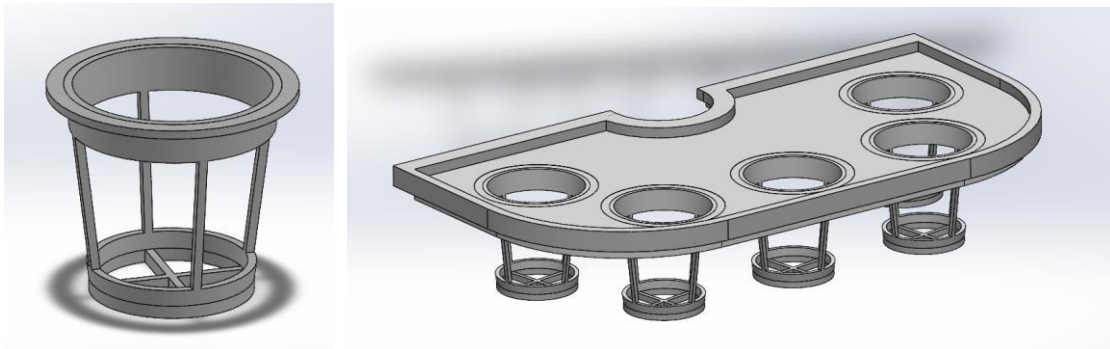


Figura 7 - Cesta

El conjunto módulo funcionaría como un ciclo de esta solución nutritiva que subiría, empapararía las cestas de lana de roca y al llegar al suelo del macetero, saldría por la ranura inferior y volvería a bajar hasta el depósito, donde una bomba de agua repetiría el proceso cada cierto tiempo:

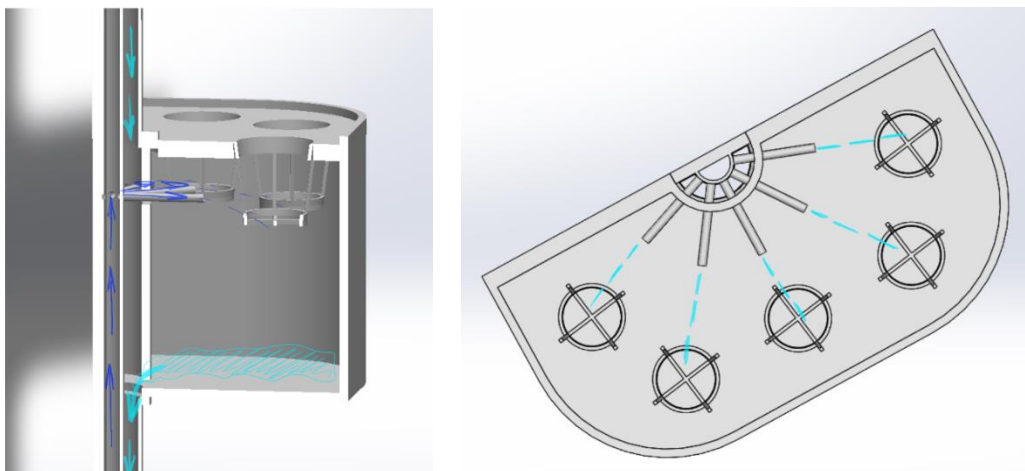


Figura 8 – Esquema funcionamiento del conjunto módulo

Las dimensiones del conjunto módulo son:

DIMENSIONES CONJUNTO MÓDULO				
	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Diámetro $\emptyset$ (mm)
Macetero	150	300	150	-
Semitubo	440	-	-	60
Tapa	15	300	150	-
Cesta	50	-	-	58

Tabla 2 – Dimensiones conjunto módulo

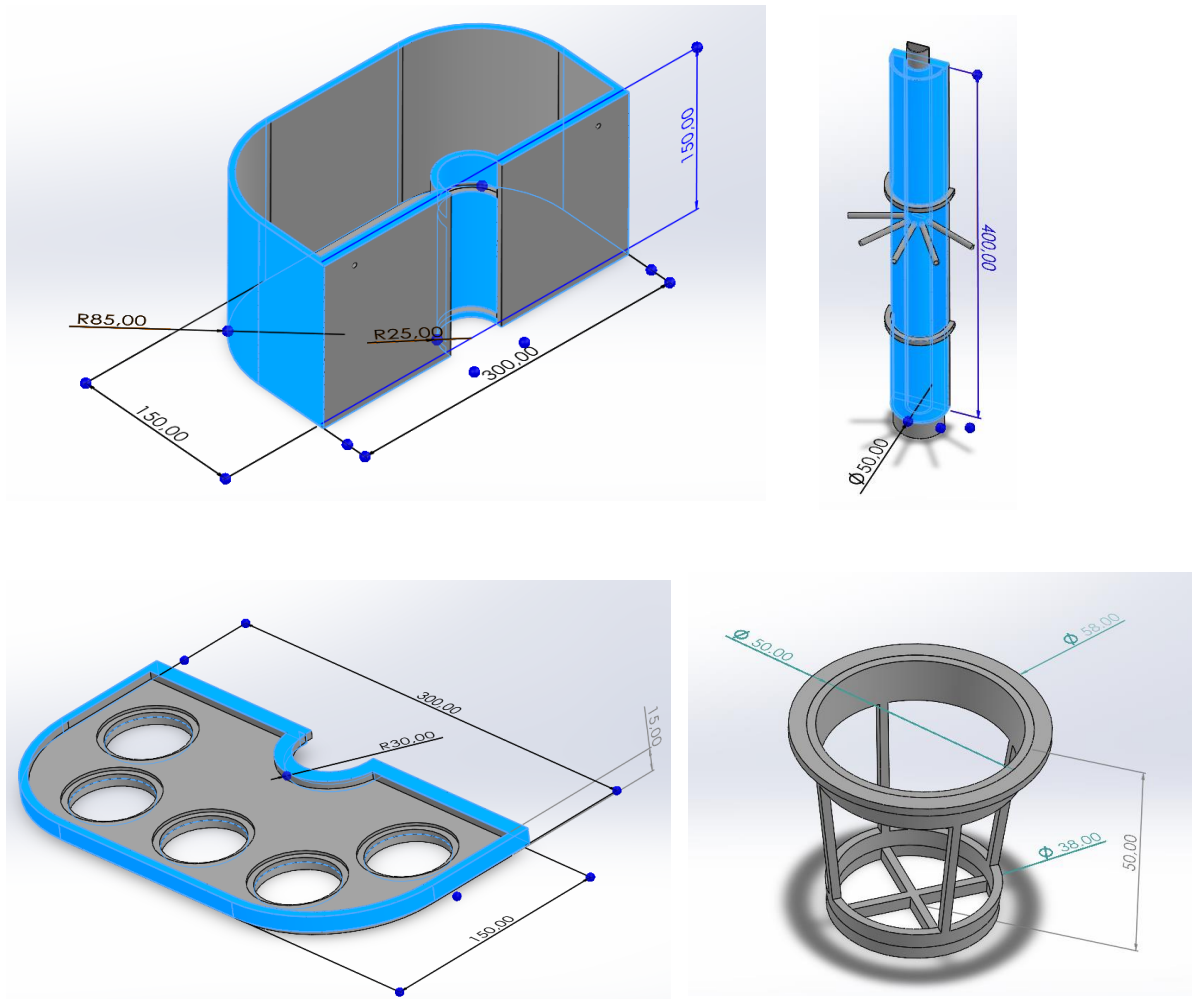


Figura 9 – Medidas conjunto módulo

Representación del conjunto módulo:

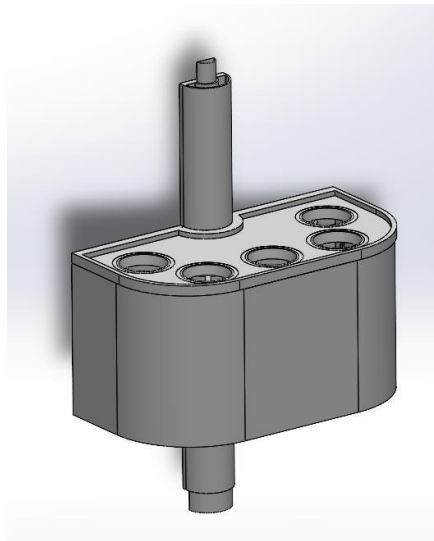


Figura 10 – Conjunto módulo ensamblado

Representación de tres módulos conectados:

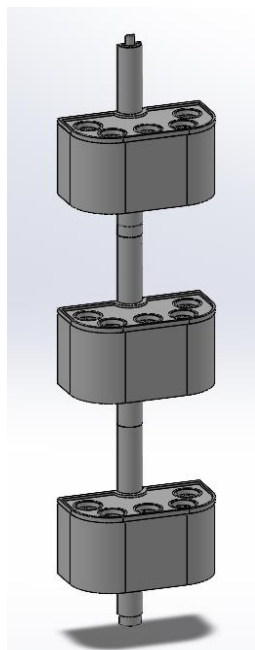


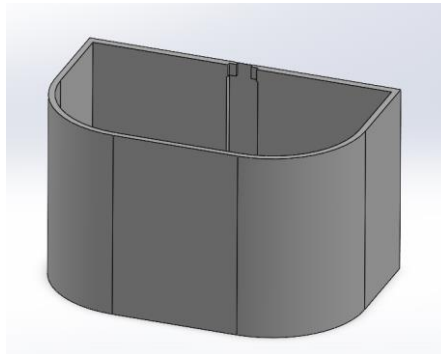
Figura 3 – Tres módulos conectados

#### 10.1.2. Depósito

Este grupo de piezas actuará de depósito de la solución nutritiva que se distribuirá a los distintos módulos. Contará con un macetero y dos tapas con la misma geometría que la de un módulo, pero de mayores dimensiones. En su interior, encontraremos la instalación de una bomba de agua con su temporizador, responsable del riego.

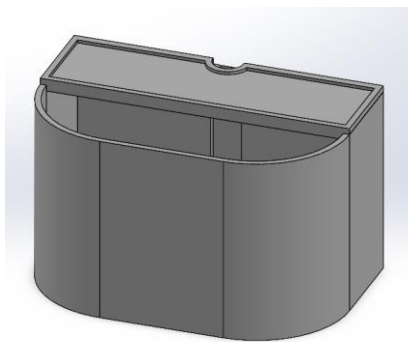
El conjunto consta de:

**El macetero depósito**, que almacenará toda la solución nutritiva y contendrá la bomba de agua con su temporizador.



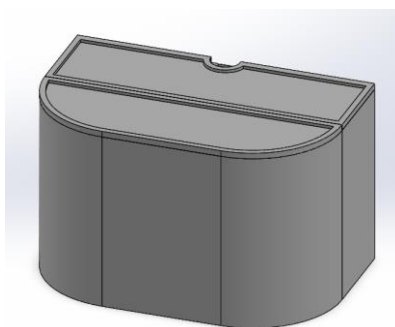
*Figura 12 – Macetero depósito*

**La tapa 1 depósito**, diseñada para colocarla antes de instalar los módulos y no quitar a no ser que se desinstale todo el sistema o se requiera hacer una limpieza profunda del producto. La imposibilidad de quitarla mientras el sistema se encuentra en funcionamiento se debe a que sirve de sujeción para el semitubo que conecta el depósito con los distintos módulos.



*Figura 13 – Macetero depósito y tapa 1 depósito ensamblados*

**La tapa 2 depósito**, diseñada ahora sí, para poder quitarla y ponerla mientras el sistema funciona, haciendo posible el control y regulación de la solución nutritiva que se almacena en su interior.



*Figura 14 – Macetero depósito con tapa 1 y tapa 2 ensamblados*

Las dimensiones del conjunto depósito son:

<b>DIMENSIONES CONJUNTO DEPÓSITO</b>			
	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
Macetero de depósito	300	500	300
Tapa 1 de depósito	20	500	150
Tapa 2 de depósito	20	500	150

Tabla 3 – Dimensiones conjunto depósito

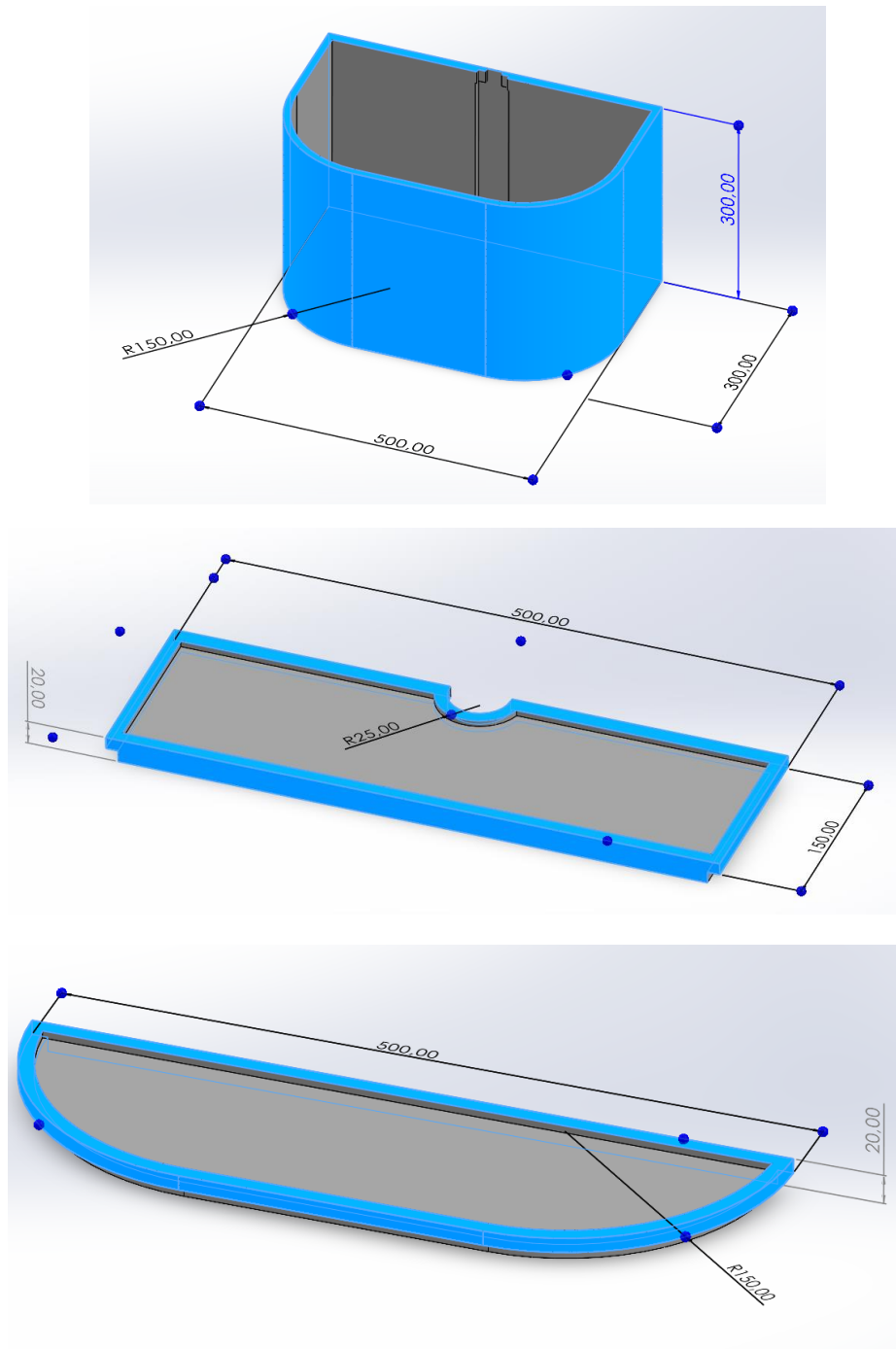


Figura 15 – Dimensiones conjunto depósito

### 10.1.3. Semitubo de unión

Como su nombre indica, se trata de la pieza conexión entre el depósito y el primer módulo. Es una pieza también modular, es decir, conectando varios semitubos de unión hace posible conectar el primer módulo a la altura más óptima del sistema. Esto se ha realizado para colocar el primer módulo a cierta altura dependiendo del número de módulos que se pretendan instalar al sistema.

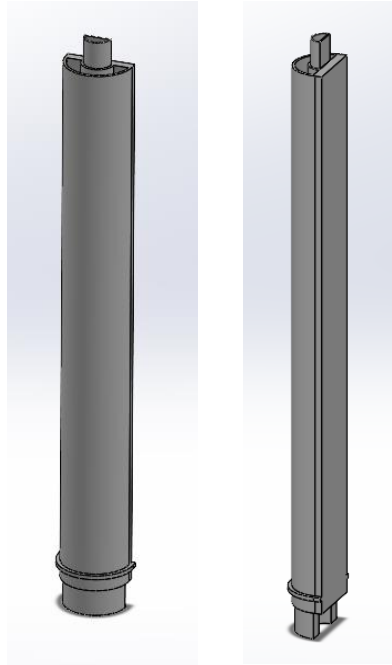


Figura 16 – Semitubo de unión

Su única función es la de unión y la de distribuir la solución nutritiva del depósito al módulo.

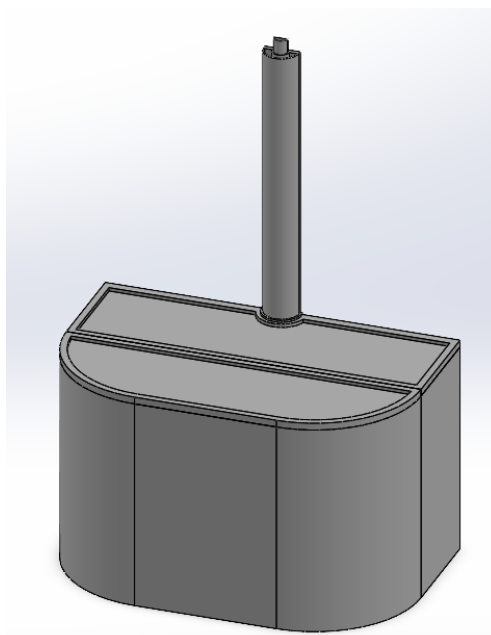


Figura 17 – Semitubo de unión y depósito ensamblados

DIMENSIONES SEMITUBO DE UNIÓN	
Alto (mm)	Diámetro $\varnothing$ (mm)
440	56

Tabla 4 – Dimensiones semitubo de unión

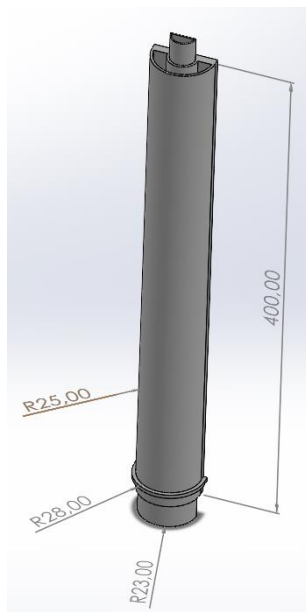


Figura 18 - Dimensiones Semitubo de unión

#### 10.1.4. Piezas extra

Otras piezas secundarias del sistema son la **boquilla** y el **tubo bomba**, que se encargarán de comunicar la solución nutritiva que expulsa la bomba con el semitubo de unión. Por último, estará la **tapa del semitubo** de módulo, diseñada para el último módulo con el fin de que no expulse agua el sistema por la parte superior. Estas piezas, al contrario del resto, estarán fabricadas de caucho.

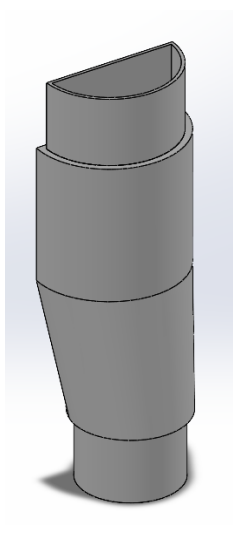


Figura 19 - Boquilla

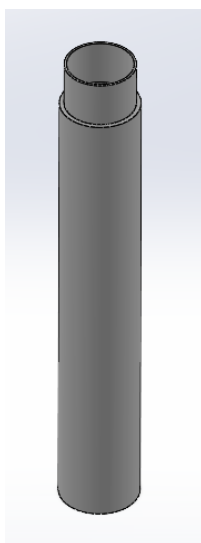


Figura 20 – Tubo bomba

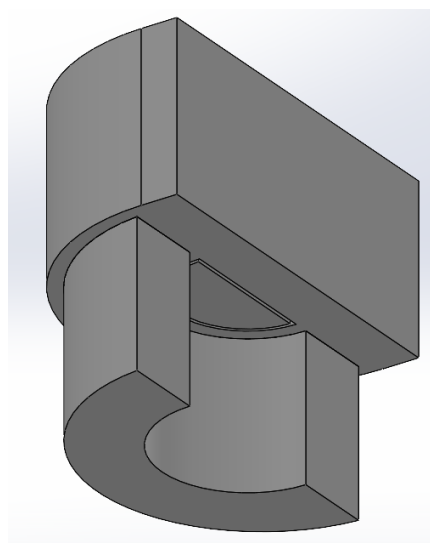


Figura 21 – Tapa semitubo

<b>DIMENSIONES PIEZAS EXTRA</b>				
	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Diámetro $\varnothing$ (mm)
Boquilla bomba	60	22	17	-
Tubo bomba	110	-	-	17
Tapa semitubo	43	50	30	-

Tabla 5 – Dimensiones piezas extra

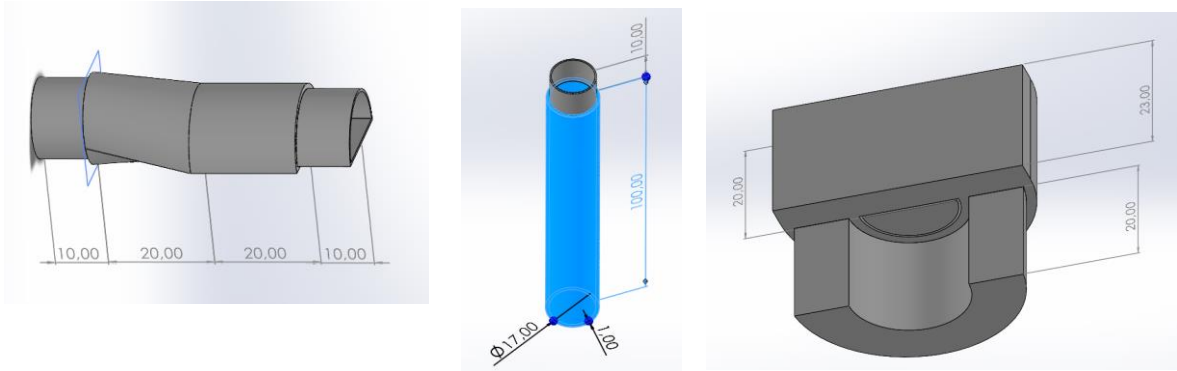


Figura 22 – Dimensiones piezas extra

Representación del sistema completo ensamblado con una disposición de tres módulos



Figura 23 – Producto ensamblado de tres módulos

## 10.2. Material, fabricación y proveedores

### 10.2.1. Material

Uno de los principales objetivos del diseño es que todas las piezas sean fabricadas del mismo material, minimizando así los costes de producción. En el anexo 5 se estudió a través de una matriz Pugh cuál sería la mejor opción de material para la fabricación del producto y se concluyó con el termoplástico PET (Tereftalato de polietileno). Debido a la elección de la alternativa final, el material escogido en aquel anexo es totalmente compatible, por lo que será de PET del material del que estén fabricadas todas las piezas del producto.

Las propiedades del termoplástico PET son:

- Totalmente reciclable
- Resistencia y rigidez muy altas
- Resistencia a la torsión
- Elevada resistencia a la deformación térmica
- Alta resistencia a la intemperie
- Muy buena estabilidad dimensional
- Excelente resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas
- Fisiológicamente inerte (aprobado para estar en contacto con alimentos)

Las piezas extra son fabricadas de un material flexible y resistente, el caucho. El caucho posee la característica de ser resistente ante los ácidos y es un material altamente elástico y flexible. Además se considera que posee propiedades para ser aislante de la temperatura y a la electricidad; y con amplia capacidad de repeler el agua.

### 10.2.2. Fabricación

Una vez elegido el material, se selecciona el proceso de fabricación con el que se le dará al PET las formas de las distintas piezas que componen el producto. Teniendo en cuenta que uno de los requisitos de la fabricación era encontrar el equilibrio entre calidad y economía, se elige el moldeo por inyección.

Durante este proceso se precisarán hornos industriales que fundirán la materia prima obtenida de empresas químicas especializadas, los moldes (generalmente de acero) y un grupo de inyección (donde se inyecta a presión el plástico fundido).

Antes de que el plástico PET se inyecte, requiere una serie de procesos de tratamiento antes del formado, para permitir un correcto proceso de transformación. Consiste en secado, deshumidificado y cristalizado.

Una vez realizado el pretratamiento a la materia prima, comienza el ciclo de inyección, el cual será repetido para cada una de las piezas:

1. Cierre del molde vacío
2. Tornillo inyecta el material
3. Mantenimiento del tornillo aplicando una presión de sostenimiento
4. Refrigeración y solidificación de la pieza.

5. Plastificación del material para el ciclo siguiente.
6. Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída.
7. El molde cierra y se reinicia el ciclo.

### 10.2.3. Proveedores

Las piezas principales ya fabricadas de plástico PET se encargarán a Plásticos Benito, España.

Las piezas extra de caucho se encargarán a Gomas y Cauchos, España.

Los elementos electrónicos para el sistema de luces LED:

Se encargarán a LED BOX:

- Controlador monocolor mini RF 4 zonas 12A + mando, Led Box.
- Fuente de alimentación DC24V/120W/5ª, Led Box.



Figura 24 – Controlador, mando y fuente de alimentación

Se encargará:

- Tesfish LED planta crecer tira luz DC 12V IP65 impermeable espectro completo SMD 5050 rojo azul 5: 1 cuerda luz para acuario Invernadero plantas.



Figura 25 – Tira luz LED

- Tira LED Transformador Voltaje de entrada AC100-240V, 5A 12V Fuente Alimentación 12V Alimentación de Adaptador de 12V 5A Max,60W Tiras LED EU Transformador Enchufe.



Figura 26 – Transformador para tira LED

- NO.17 bomba de agua sumergible 20W, 1200 L / H Bomba de acuario Bomba de estanque ultra silenciosa bajo el agua para estanque, fuente de jardín acuario.



Figura 27 – Bomba de agua

Se encargarán también, cubos de lana de roca como ayuda para el cultivo y de sujeción para las semillas, se colocarían en las cestas de la tapa de cada módulo:

- Cubos de Lana de Roca TAIZER Rockwool Cube Propagación Hidropónica Propagación Hortalizas Bloque Cilíndrico de Semillero invernaderos Cultivo Sistema Corte Agrícola  
Bloque de Plántulas Substrato 50PCS

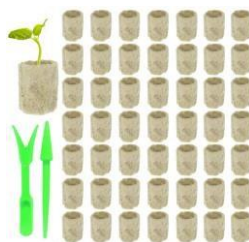


Figura 28 – Cubos de lana de roca

Los tornillos de sujeción de los módulos a la pared serán encargados a Big Outlet  
Tools:

- Makita f-32869 ristra tornillo 3,8x25 madera



Figura 29 - Tornillos

Y los tacos a Fischer:

- 557383 Tacos, Gris/Rojo, 6x30/750uds



Figura 30 - Tacos

Se encargarán juntas tóricas de 2 mm de grosor para la unión de semitubos; una de diámetro de 8 y otra de 20 por cada semitubo (de unión y de módulo); a Hidraulica Flexible, S.L:

- Junta tórica NBR de espesor / Toro 2 mm / Ø interior (mm) 8
- Junta tórica NBR de espesor / Toro 2 mm / Ø interior (mm) 20



Figura 31 – Junta tórica

Se pedirán clips de cable para la sujeción de los cables a la pared:

- 60 Piezas Clips de Cable de Exteriores con Cintas Adhesivas Mini Clips de Luz Clips de Luz Clips de Decoración Ganchos Autoadhesivos Soporte de Alambre para Luz Hadas (Grande, Blanco)



Figura 32 – Clips de cable

## 10.3. Ensamblaje y montaje

Puesto que se trata de un producto modular y versátil, que cambiará para cada cliente dependiendo del número de módulos que desee y si lo quiere para interior o exterior, se venderá por piezas y el consumidor deberá de montarlo en casa. Por ello, se han fabricado todas las piezas priorizando en el diseño la facilidad de su montaje. Se han evitado tornillos y otros elementos adicionales de unión (excepto para la fijación de los maceteros a la pared) por lo que el ensamblado de unas piezas con otras consistirá en un simple encaje a presión, siguiendo un orden de pasos adecuado:

1. Primero, se colocará el macetero del depósito en el suelo, en el que se introducirá la bomba de agua con temporizador. La bomba se conectará al tubo de unión y este a su vez a la boquilla (piezas de caucho que hacen de unión entre la bomba y el semitubo de unión. Una vez rellenado con la solución nutritiva, se coloca la tapa 1, el semitubo de unión (que se conecta a la boquilla) y la tapa 2 en este orden.

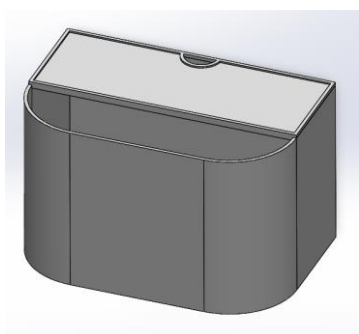


Figura 33 – Paso 1 montaje

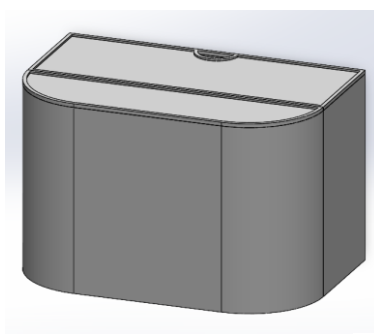


Figura 34 – Paso 2 montaje

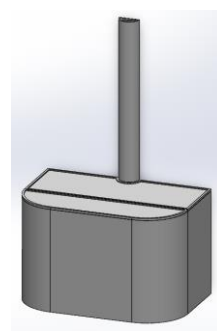


Figura 35 – Paso 3 montaje

2. Ahora se irán encajando encima del semitubo de unión los módulos. Para ello, primero encajamos el semitubo de módulo al semitubo de unión, y posteriormente, en dirección perpendicular al semitubo de módulo, le encajamos el macetero de módulo. El macetero se atornilla a la pared por sus dos orificios traseros. Finalmente, se coloca la tapa de módulo y las cinco cestas.

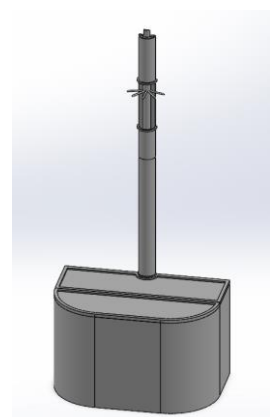


Figura 36 – Paso 4 montaje

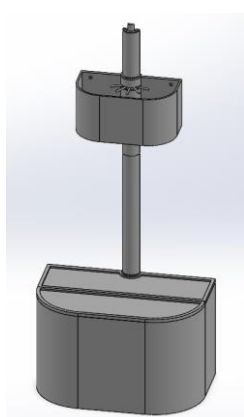


Figura 37 – Paso 5 montaje

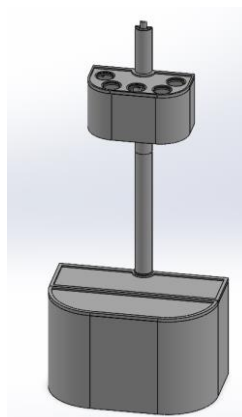


Figura 38 – Paso 6 montaje

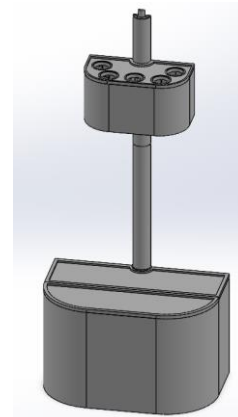
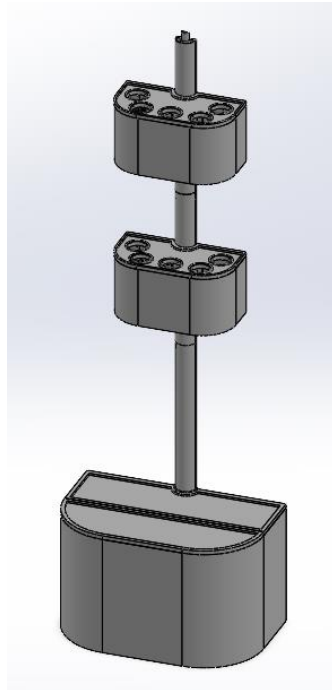


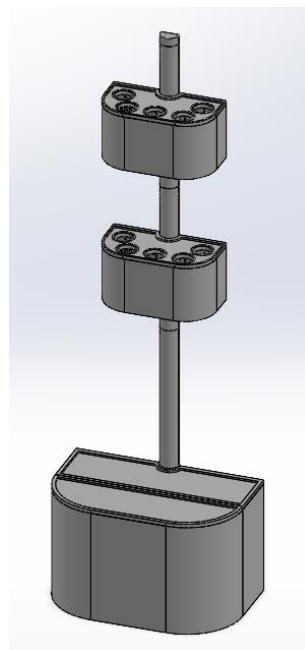
Figura 39 – Paso 7 montaje

3. Ahora se repite este último paso por cuántos módulos tenga el sistema.



*Figura 40 – Paso 8 montaje*

4. Una vez colocado el último módulo, se encaja la tapa al último semitubo.



*Figura 41 – Paso 9 montaje*

5. Si se trata de una disposición exterior ya habremos acabado el ensamblado. Si por el contrario se trata de uno de interior, faltará el último paso de instalación de las tiras de luz LED, una tira por cada módulo. Habrá que destapar la parte adhesiva de estas y colocarla en la parte superior de cada semitubo de módulo. Una vez pegadas todas las tiras LED, las enchufaremos al cable y lo bajaremos hasta conectarlo a la corriente. Los cables se sujetarán a la pared a través de unos clips de cable

### 10.3. Embalaje

Es necesario también definir el embalaje del producto, ya que, se encargará de protegerlo, presentarlo y transportarlo.

En este caso, la principal función del packaging será proteger y transportar al producto. Este constará de:

- Embalaje externo: Caja de cartón donde se encontrarán todas las piezas necesarias, elementos electrónicos y los elementos de sujeción a la pared. Además, incluirá un manual de instrucciones.



Figura 42 – Caja de cartón

- Embalaje interno: Cada pieza irá envuelta en film alveolar para evitar daños en el transporte. Además, los elementos electrónicos los encontraremos también envueltos en film alveolar y separados del resto de piezas dentro de una bolsa de plástico. También se encontrarán los elementos de sujeción en otra bolsa más pequeña.



Figura 43 – Embalaje interno

## 11. Planificación de la realización del proyecto

Este proyecto seguirá una planificación proyectada en el diagrama de Gantt, diagrama que sirve para planificar y programar tareas en un tiempo.

Se realizará un control de las etapas del proyecto y una revisión de éstas, con el fin de reducir al mínimo los errores y poder solucionarlos lo antes posible.

La planificación del proyecto tendrá la siguiente fecha de inicio: 15/11/2022. El retraso de cualquier tarea llevará a cabo el atraso en el tiempo de finalización del proyecto. Fecha prevista de final: 13/1/2022.

Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Estado	01.11.2022	05.11.2022	10.11.2022	15.11.2022	20.11.2022	25.11.2022	30.11.2022	05.12.2022	10.12.2022	15.12.2022	20.12.2022	25.12.2022	30.12.2022	01.01.2023	03.01.2023	06.01.2023	09.01.2023	12.01.2023			
<b>PROYECTO 1</b>	01.11.2022	13.01.2023	Terminado	█																				
Estudio de mercado y búsqueda de información. Encuesta	01.11.2022	05.11.2022	Terminado	█	█																			
Identificar necesidades del cliente (Encuesta Google)	05.11.2022	10.11.2022	Terminado		█	█																		
Descripción y especificación del proyecto	10.11.2022	15.11.2022	Terminado			█	█																	
Establecer especificaciones del producto	15.11.2022	20.11.2022	Terminado				█	█																
Generación de ideas	20.11.2022	25.11.2022	Terminado					█	█															
Selección de ideas y evaluación	25.11.2022	27.11.2022	Terminado						█	█														
Modelado 3D	27.11.2022	30.11.2022	Terminado							█	█													
Estudio de materiales	30.11.2022	03.12.2022	Terminado								█	█												
Proceso de fabricación	03.12.2022	05.12.2022	Terminado									█	█											
Renders y planos	05.12.2022	07.12.2022	Terminado										█	█										
Redacción memoria	07.12.2022	10.12.2022	Terminado											█	█									
Redacción Anexos	10.12.2022	12.12.2022	Terminado												█	█								
Pliego de condiciones	12.12.2022	15.12.2022	Terminado													█	█							
Mediciones y presupuesto	15.12.2022	20.12.2022	Terminado														█	█						
Cambios y finalizar detalles	20.12.2022	12.01.2023	Terminado															█	█	█	█			

Figura 44 – Diagrama de Gantt

## 12. Orden de prioridad de documentos

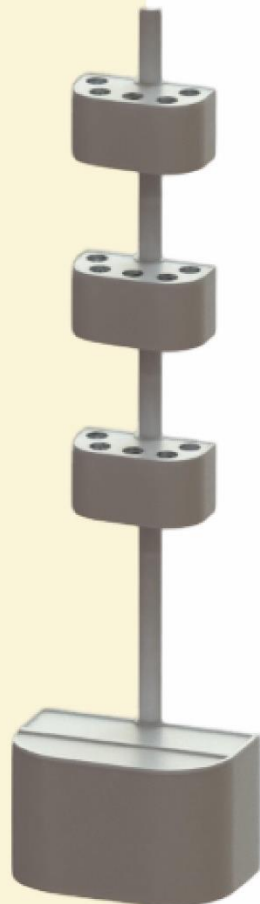
En caso de que existan desacuerdos entre los distintos documentos, la prioridad entre ellos es la siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria



# ANEXOS

Sistema de producción agrícola de autoconsumo para el interior de viviendas



Autora: Celia Gil Delgado  
Tutora: Noelia Marzal Peña  
Universidad de Málaga



## II. ANEXOS

### ÍNDICE

<b>Anexo 1: Encuesta .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo 2: Estudio de viabilidad .....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 3: Especificaciones del producto .....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 4: QFD .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo 5: Estudio de materiales .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo 6: Selección de alternativas .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 7: Simulación .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 8: Análisis de ciclo de vida .....</b>	<b>101</b>

## Anexo 1: Encuesta

### ÍNDICE

1. Introducción.....	46
2. Preguntas de la encuesta.....	46
3. Jerarquización de los valores.....	47
4. Resultados de la encuesta.....	50
5. Conclusiones.....	53

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Página 1 Resultados de la encuesta.....	50
Figura 2 – Página 2 Resultados de la encuesta.....	51
Figura 3 – Página 3 Resultados de la encuesta.....	52

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la encuesta.....	47
Tabla 2. Tabla de ayuda con valores para interpolación.....	47
Tabla 3. Datos de la encuesta normalizados a valor entre 5 a 1.....	48
Tabla 4. Cálculo del peso.....	48
Tabla 5. Priorización de preguntas.....	49

## 1. Introducción

Se llevó a cabo la realización de una encuesta sobre el diseño a realizar, para estudiar las opiniones de un público objetivo, acerca de las características que requerirían en un producto de este tipo.

En este caso, se realizó una encuesta de Google y se difundió vía WhatsApp.

A través de 2 preguntas de datos informativos sobre el encuestado y 9 preguntas concretas del producto, se consiguió un total de 84 respuestas; lo que supuso un amplio rango con el que conocer las preferencias de un público objetivo hacia el que guiar el diseño.

Realizando una previa investigación del ámbito, y analizando los pros y contras que poseían los productos de la competencia, se decidió escoger estas preguntas con el fin de ir limitando las características que poseería el diseño final.

## 2. Preguntas de la encuesta

1. Género
2. Edad
3. Viendo las imágenes, ¿te gustaría tener un huerto de alimentos de autoconsumo en casa?
4. ¿De cuánto espacio dispones en tu hogar para un huerto de autoconsumo?
5. ¿Preferirías que fuese un producto de exterior (terraza o patio en caso de que lo tengas) o interior?
6. ¿Cómo de importante te parecería que sea un producto ligero?
7. ¿Te gustaría que tuviese una estética minimalista? (formas simples, sin adornos, colores neutros)
8. ¿Te gustaría que fuese automatizado (funcione prácticamente solo y dedicarle al cultivo el menor tiempo posible)?
9. ¿Cómo de importante te parecería que fuese fácil de desmontar y limpiar?
10. ¿Cómo de importante te parecería que fuese de fácil uso?
11. ¿Cuánto dinero invertirías en un producto de este tipo?

## 3. Jerarquización de los valores

NECESIDAD o CRITERIO	Número de personas que la votan
1. Género: Femenino	63
2. Edad: 21-30 años	38
3. Viendo las imágenes, ¿te gustaría tener un huerto de alimentos de autoconsumo en casa? Si	56
4. ¿De cuánto espacio dispones en tu hogar para un huerto de autoconsumo? Poco	46
5. ¿Preferirías que fuese un producto de exterior (terraceo o patio en caso de que lo tengas) o interior? Exterior	41
6. ¿Cómo de importante te parecería que sea un producto ligero? Mucho	62
7. ¿Te gustaría que tuviese una estética minimalista? (formas simples, sin adornos, colores neutros) Si	66
8. ¿Te gustaría que fuese automatizado (funcione prácticamente solo y dedicarle al cultivo el menor tiempo posible)? Si	60
9. ¿Cómo de importante te parecería que fuese fácil de desmontar y limpiar? Mucho	78
10. ¿Cómo de importante te parecería que fuese de fácil uso? Mucho	76
11. ¿Cuánto dinero invertirías en un producto de este tipo? Menos de 200	59

Tabla 1 – Datos de la encuesta

<b>Autonomía valor máximo</b>
78
<b>Autonomía valor mínimo</b>
38

Tabla 2 – Tabla de ayuda con valores para interpolación que se use en Tabla 3 y 4

<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR DEL CLIENTE (a tener en cuenta en QFD)</b>
1. Género: Femenino	3,50
2. Edad: 21-30 años	1,00
3. Viendo las imágenes, ¿te gustaría tener un huerto de alimentos de autoconsumo en casa? Si	2,80
4. ¿De cuánto espacio dispones en tu hogar para un huerto de autoconsumo? Poco	1,80
5. ¿Preferirías que fuese un producto de exterior (terraza o patio en caso de que lo tengas) o interior? Exterior	1,30
6. ¿Cómo de importante te parecería que sea un producto ligero? Mucho	3,40
7. ¿Te gustaría que tuviese una estética minimalista? (formas simples, sin adornos, colores neutros) Si	3,80
8. ¿Te gustaría que fuese automatizado (funcione prácticamente solo y dedicarle al cultivo el menor tiempo posible)? Si	3,20
9. ¿Cómo de importante te parecería que fuese fácil de desmontar y limpiar? Mucho	5,00
10. ¿Cómo de importante te parecería que fuese de fácil uso? Mucho	4,80
11. ¿Cuánto dinero invertirías en un producto de este tipo? Menos de 200	3,10

Tabla 3 - Datos de la encuesta normalizados a valor entre 5 a 1

<b>Columna de ayuda en cálculo del peso</b>	<b>Peso</b>
2,50	0,08
5,00	0,04
3,20	0,07
4,20	0,05
4,70	0,04
2,60	0,08
2,20	0,10
2,80	0,08
1,00	0,21
1,20	0,18
2,90	0,07

Tabla 4 – Cálculo del peso

Una vez habiendo jerarquizado los valores de la encuesta, se han ordenado las preguntas de 1 a 11 (siendo el 1 el que más y 11 el que menos) según la pregunta en la que más han coincidido en su respuesta:

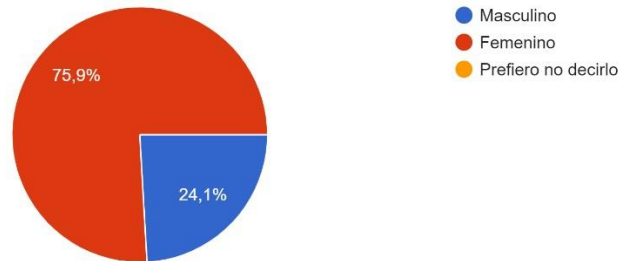
1. Género: Femenino	4
2. Edad: 21-30 años	11
3. Viendo las imágenes, ¿te gustaría tener un huerto de alimentos de autoconsumo en casa? Si	8
4. ¿De cuánto espacio dispones en tu hogar para un huerto de autoconsumo? Poco	9
5. ¿Preferirías que fuese un producto de exterior (terraza o patio en caso de que lo tengas) o interior? Exterior	10
6. ¿Cómo de importante te parecería que sea un producto ligero? Mucho	5
7. ¿Te gustaría que tuviese una estética minimalista? (formas simples, sin adornos, colores neutros) Si	3
8. ¿Te gustaría que fuese automatizado (funcione prácticamente solo y dedicarle al cultivo el menor tiempo posible)? Si	6
9. ¿Cómo de importante te parecería que fuese fácil de desmontar y limpiar? Mucho	1
10. ¿Cómo de importante te parecería que fuese de fácil uso? Mucho	2
11. ¿Cuánto dinero invertirías en un producto de este tipo? Menos de 200	7

Tabla 5 – Priorización de preguntas

4. Resultados de la encuesta

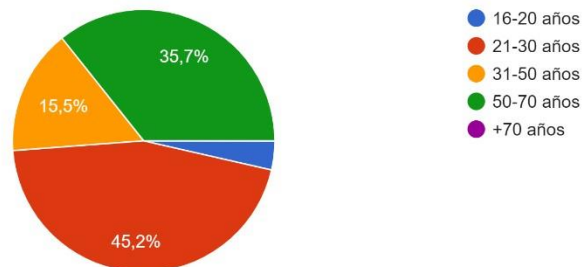
Género

83 respuestas



Edad

84 respuestas



Viendo las imágenes, ¿te gustaría tener un huerto de alimentos de autoconsumo en casa?

84 respuestas

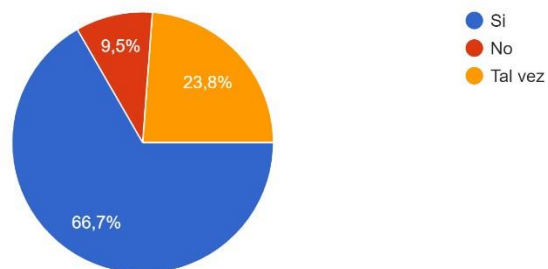
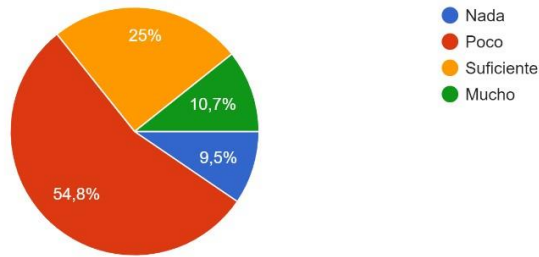


Figura 1. Página 1 Resultados de la encuesta

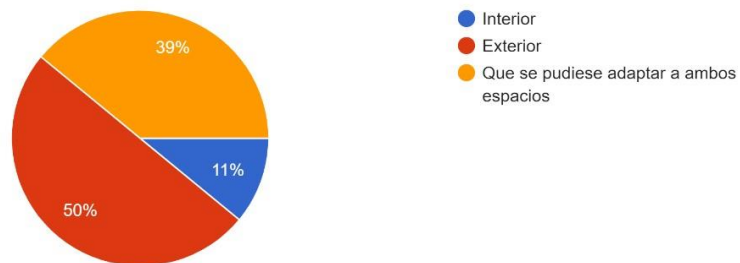
¿De cuánto espacio dispones en tu hogar para un huerto de autoconsumo?

84 respuestas



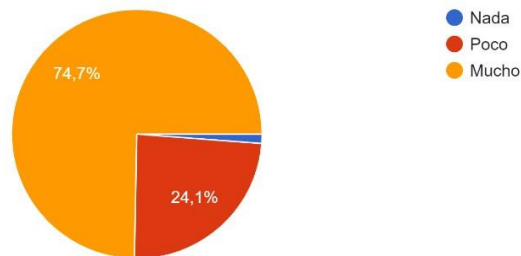
¿Preferirías que fuese un producto de exterior (terraza o patio en caso de que lo tengas) o interior?

82 respuestas



¿Cómo de importante te parecería que sea un producto ligero?

83 respuestas



¿Te gustaría que tuviese una estética minimalista? (formas simples, sin adornos, colores neutros)

84 respuestas

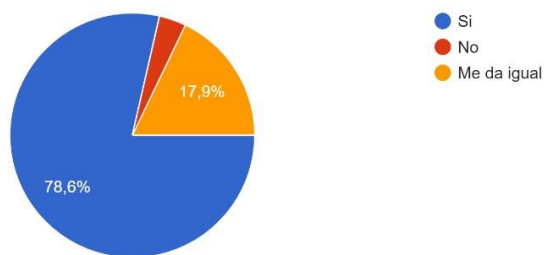
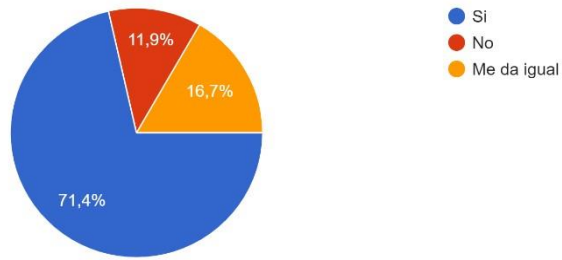


Figura 2 - Página 2 Resultados de la encuesta

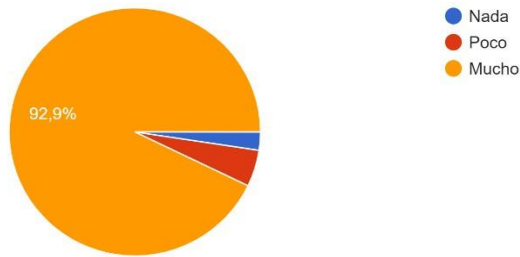
¿Te gustaría que fuese automatizado (funcione prácticamente solo y dedicarle al cultivo el menor tiempo posible)?

84 respuestas



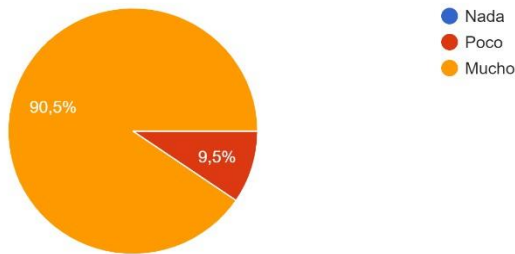
¿Cómo de importante te parecería que fuese fácil de desmontar y limpiar?

84 respuestas



¿Cómo de importante te parecería que fuese de fácil uso?

84 respuestas



¿Cuánto dinero invertirías en un producto de este tipo?

84 respuestas

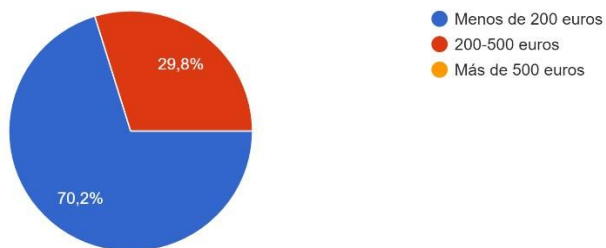


Figura 3 - Página 3 Resultados de la encuesta

## 5. Conclusiones

Gracias a la recogida de opiniones de un público objetivo mediante la encuesta, se puede enfocar el diseño del producto de Indoor Farming hacia unas cualidades más específicas.

Más de un 90% de los encuestados han coincidido en que deberá de ser un diseño que abogue por la facilidad de uso, de desmontaje y de limpieza. También, alrededor de un 75% han coincidido en que preferirían que tuviese una estética minimalista.

Más de un 70% de los encuestados optan por un diseño ligero y lo más automatizado posible.

En cuanto al precio del producto, alrededor de un 70% prefieren un producto más económico y otro 30% estarían dispuestos a pagar hasta 500 euros.

Finalmente, más de un 50% responden que dispondrían de poco espacio en su hogar, y que preferirían el producto de exterior antes que de interior.

## Anexo 2: Estudio de viabilidad

### ÍNDICE

1. Introducción.....	55
2. Estudio de mercado .....	55
Hexagro .....	56
Linfa.....	56
Wallfram .....	57
CLICK & GROW .....	58
Tower Garden-Agrotonomy.....	59
Análisis paramétrico .....	60
Conclusiones .....	61
3. Perfil de usuario .....	61
4. Viabilidad técnica.....	62
Conformado .....	62
5. Viabilidad económica.....	63
5.1. Costes.....	63
5.2. Cálculo de costes estimados mediante el uso de ratios.....	63
5.3. Estimación de costes y beneficios .....	64
5.4. Relación de costes e ingresos. Cálculo de beneficio. ....	66

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Hexagro.....	56
Figura 2 – Linfa.....	56
Figura 3 – Wallfram.....	57
Figura 4 – Click & Grow.....	58
Figura 5 – Tower Garden Agrotonomy .....	59
Figura 6 – Análisis paramétrico calidad-precio.....	60
Figura 7 – Análisis paramétrico ahorro de agua-precio .....	60
Figura 8 – Diagrama de equilibrio.....	66

### ÍNDICE DE FIGURAS

Tabla 1- Perfil de usuario .....	69
Tabla 2 – Ratios 1 para “Fabricaciones diversas” .....	71
Tabla 3 – Ratios 1 para “Fabricaciones diversas” .....	72

## 1. Introducción

Una vez que se ha definido el objetivo del proyecto, se hace un estudio con el que obtener las distintas posibles soluciones y la viabilidad de las mismas.

Se estudian distintos tipos de viabilidad: de mercado, técnica y económica-financiera.

## 2. Estudio de mercado

En estos últimos años, vemos cómo ha ido creciendo una parte de la sociedad más consciente con el planeta, así como de su alimentación, la procedencia de los alimentos que ingieren y todos los procesos de producción que intervienen en ellos. Esto ha provocado una revolución en el sector del Indoor Farming, el cual ofrece sistemas para que la población sea capaz de cultivar desde casa, consiguiendo así basar la alimentación en comidas con ingredientes locales y que son fruto de nuestro propio huerto. 2

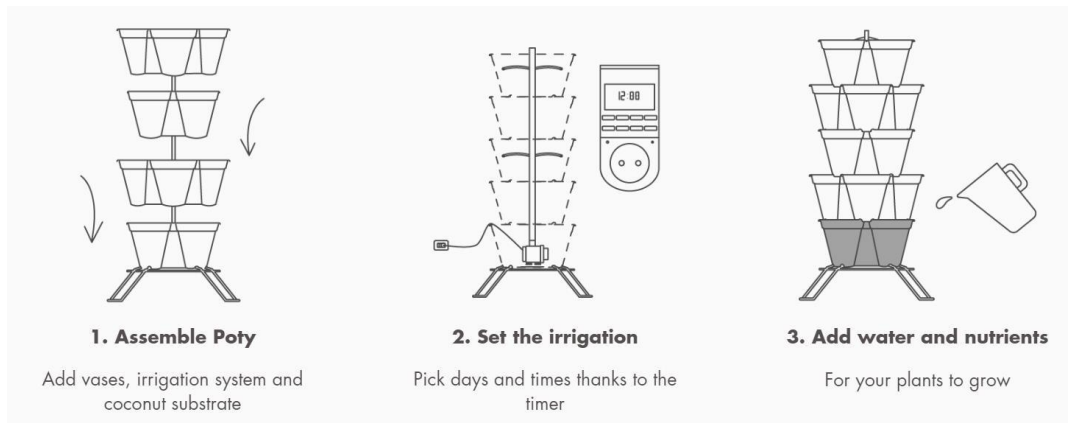
El reto de este sector, ha sido adaptar el tradicional terreno de cultivo a pequeños espacios del hogar, con sistemas lo más autosuficientes y automatizados posibles y fácil de controlar, limpiar, cosechar y recolectar. 1

El cultivo hidropónico ha sido un punto clave para que esto sea posible, ofreciendo un cultivo en base de agua, eliminando por completo la tierra y haciendo el proceso de cosecha y recolecta mucho más cómodo y limpio. Además, los productos sembrados adquieren los nutrientes necesarios a través de una solución especial, que puede reutilizarse de una plantación a otra.

El principal inconveniente del cultivo vertical es que, al tratarse de un proceso automatizado, requiere de un gran consumo de energía del que se alimenta este proceso, provocando un alto coste de energía eléctrica y de elementos como luces LED y sistemas hidropónicos. 1

Se trata de un mercado emergente, formado por empresas que acaban de nacer, por lo que existe un amplio rango donde mejorar y cubrir nuevas necesidades a los consumidores. Además, la mayoría de las empresas que encontramos en este sector son a nivel internacional, quedando España bastante atrás en el campo. 2

A continuación, vamos a ver algunos ejemplos de las mejores opciones que se encuentran en el mercado actual, así como, un breve análisis de cada uno:

*Hexagro**Figura 1 – Hexagro*

Empresa italiana; el diseño se compone por una estructura central con bomba de agua, por la que circula la solución nutritiva y riega los cultivos, los cuales se encuentran en módulos apilables fáciles de montar. El módulo inferior sirve de depósito de agua y es donde se encuentran los nutrientes.

## Características principales:

- Material: Plástico 100% reciclado.
- Nutrientes orgánicos y biológicos.
- Cultivo de sustrato de coco.
- Aplicación propia con el que controlar el riego y que contiene una guía digital y personalizada de tu cultivo.
- Plantas disponibles para cultivar: verduras y hierbas aromáticas.

## Inconvenientes:

- Solo hay dos tamaños, y el más pequeño ya ocupa un espacio significativo que no todo usuario se puede permitir.
- Solo sirve para el exterior de hogares, no posee ningún sistema de luces LED.

*Linfa**Figura 2 - Linfa*

Empresa italiana que ofrece un diseño hexagonal con sistema hidropónico. Las plantas se alimentan de la solución nutritiva que contiene el depósito inferior. En la parte de arriba del hexágono hay una cámara con la que el consumidor controla el cultivo a través de una app y, además, un sistema de luces LED para que se cultive perfectamente en el interior de la vivienda.

La forma hexagonal hace del diseño fácil de colocar más de un módulo apilado en el espacio que el cliente posea.

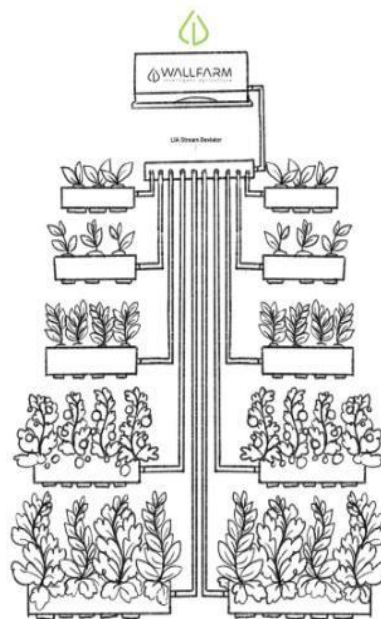
Características:

- Material: Policarbonato.
- Cultivo hidropónico (ni tierra ni sustrato).
- Aplicación propia con el que controlar el cultivo.
- Plantas disponibles para cultivar: verduras, hierbas aromáticas, flores y plantas medicinales.
- Hay 2 modelos: uno con más potencia en iluminación y otro con menos, dependiendo de las plantas que se cultiven.
- Tamaño reducido, ocupa muy poco espacio.

Inconvenientes:

- Cada módulo solo tiene espacio para el cultivo de 6 plantas.
- La gran automatización y el potente sistema de luces LED hacen de que el diseño provoque un gran gasto energético y en consecuencia, económico.

*Wallfram*



*Figura 3 - Wallfram*

Empresa italiana que ofrece el único sistema totalmente automatizado del mercado. Diseño hidropónico compuesto por distintos sensores y dispensadores inteligentes que se adaptan a la perfección al tipo de cultivo creando la solución nutritiva adecuada y la cantidad y tiempos de riegos exactos para cada macetero. Todavía no está a la venta.

Inconvenientes:

- Dedicado a exterior, no contiene luces LED.
- Grandes dimensiones.

### *CLICK & GROW*



*Figura 4 – Click & Grow*

Empresa europea caracterizada por la gran versatilidad en sus diseños, ofreciendo desde un modelo de grandes dimensiones y gran capacidad de cultivo a otro de un tamaño mucho más reducido. Todos basan su diseño en un depósito de agua en la base que les proporciona el riego y un sistema de luces LED en su parte superior. Venden las macetas de cada planta ya creadas con las semillas, nutrientes y sustrato específico para cada tipo de plantación.

*Tower Garden-Agrotonomy**Figura 5 – Tower Garden Agrotomy*

Empresa que distribuye a EEUU, Canadá y Europa.

El diseño se basa en el cultivo aeropónico; método en que las raíces de las plantas están expuestas al aire en ambientes altamente empañados, utilizando una niebla hecha con una solución nutritiva. En este caso, se trata de una estructura de policarbonato en forma de torre por la que se introducen las distintas plantas, quedando las raíces en el interior de la misma y viéndose alimentadas por la solución nutritiva gaseosa que se introduce en el depósito inferior de la misma. Además, tiene la opción de añadir a la misma un sistema de luces LED o no, dependiendo si el consumidor quiere colocarlo en el interior o exterior de su vivienda.

## Análisis paramétrico

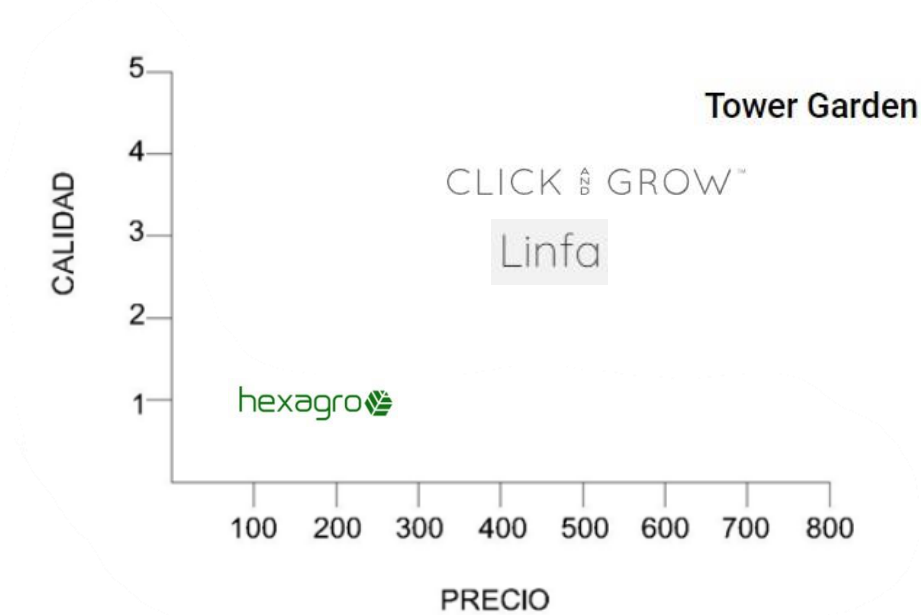


Figura 6 – Análisis paramétrico calidad-precio

Vemos como a mayor calidad, mayor precio. Este incremento de precio coincide con el aumento de tamaño, así como, con la incorporación de luces LED al diseño.

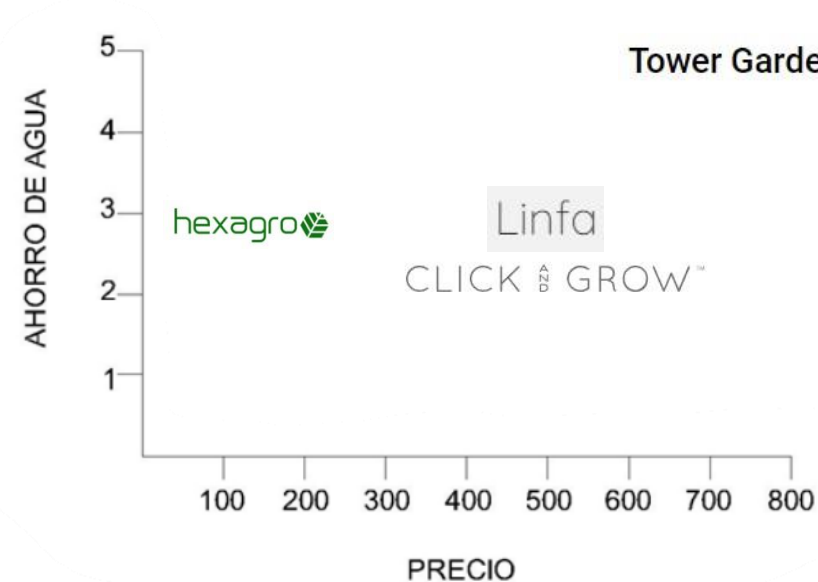


Figura 7 – Análisis paramétrico ahorro de agua-precio

En este caso vemos que coincide que el que ahorra más agua es el más costoso debido a que emplea el cultivo aeropónico en lugar de hidropónico como los demás. Sin embargo, si nos fijamos en los demás, vemos que no influye el precio en el ahorro de agua.

*Conclusiones*

Viendo las distintas opciones que se encuentran en el mercado, se podría concluir con que los aspectos importantes del diseño que añaden valor al producto son:

1. Evaluar qué tipo de cultivo es el más conveniente: hidropónico, aeropónico o con sustrato.
2. Limitación de las dimensiones y espacio que ocupa, a la vez que conseguir la máxima eficiencia de este para poder cultivar el máximo número de plantaciones a la vez.
3. Posibilidad de incorporar o no luces LED al diseño para que pueda colocarse tanto en el interior como exterior de la vivienda.
4. Uso intuitivo y automatización del diseño.
5. App con la que controlar el riego.
6. Uso de materiales viables técnicamente y sostenibles.

**3. Perfil de usuario**

Se trata de la recopilación de características que definirían al usuario al que va destinado el producto:

<b>Producto</b>	<b>Sistema de cultivo de interior de viviendas</b>
Edad	20-70 años
Sexo	Mujeres y hombres
Características antropométricas	Mínimo 5º percentil de la población europea entre 15 y 80 años
Experiencia previa con productos similares	Baja
Impedimentos físicos	El usuario no tendrá ningún impedimento
Habilidades especiales	Ninguna

*Tabla 1 – Perfil de usuario*

#### 4. Viabilidad técnica

El objetivo es diseñar una solución de fácil producción que se adapte a los recursos técnicos convencionales. Se partirá de ciertas bases para su diseño con el fin de garantizar la viabilidad técnica:

- Modular: un único modelo que pueda apilarse con el fin de ampliar su tamaño al gusto del consumidor.
- Formas simples y fácil producción (mínimo número de procesos de producción).
- Mínimo número de piezas posible.
- Ergonómico.
- Estilo minimalista y colores neutros para su adaptación en distintos ambientes.
- Materiales ligeros (fácil transporte) y de buenas características mecánicas.
- Fácil montaje y limpieza.
- Respetuoso con el medio ambiente.

#### *Conformado*

El material más funcional para este tipo de productos consistirá en un plástico con buenas propiedades mecánicas, ligero, duradero y que aguante los efectos del entorno al que el producto se verá sometido (agua y sol).

Se requerirá que las dimensiones del producto no sean más grandes que las de un microondas convencional (300x350x450 mm), con el fin de que sea un producto fácil de manejar y transportar para el consumidor para que el usuario pueda elegir sólo un módulo si tiene un espacio reducido en casa, o ir ampliando su zona de cultivo adquiriendo más módulos, si por el contrario posee más espacio.

Las formas del diseño serán lo más simples y geométricas posibles, facilitando su producción y que pueda ser un producto modular.

Teniendo en cuenta estos factores, el método de producción elegido para todas las piezas principales (fabricadas de plástico) será el de inyección.

#### **Inyección por moldeo:**

Consiste en inyectar en un molde un termoplástico fundido. Es el proceso más utilizado para la fabricación en masa de piezas de plástico.

El proceso de fabricación consiste en:

1. Preparación del molde: Si la pieza tiene insertos se añaden a mano o con un robot. Una prensa hidráulica cierra el molde.
2. Extrusión del plástico: Se funden pequeños gránulos de plástico y un husillo de extrusión los extruye a través de una cámara calentada.
3. Moldeo: El plástico fundido se inyecta en el molde.
4. Enfriamiento y desmoldeo: La pieza se enfría en el molde hasta que esté lo suficientemente sólida para sacarla, sea de forma mecánica o mediante aire comprimido.

5. Posacabado: Se retiran de la pieza los bebederos, los canales de salida y la rebaba (de haberla). A menudo, esta eliminación de elementos sobrantes ocurre de forma automática al abrirse el molde.

Los moldes para moldeo por inyección son muy complejos y deben fabricarse con escasa tolerancia para producir piezas de alta calidad. A pesar de los elevados costes iniciales, el moldeo por inyección no tiene rival en lo que respecta a las aplicaciones de alto volumen. Una vez que el utillaje está preparado y en funcionamiento, los tiempos de ciclo duran solo unos segundos y se pueden producir millones de piezas de alta calidad con un coste inferior al de todos los demás procesos de fabricación. 3

3. (*Guía de procesos de fabricación para plásticos, s.f.*)

## 5. Viabilidad económica

Este análisis económico ofrece una idea de la viabilidad de desarrollo y fabricación del producto, independientemente del proceso de producción en el cual se aplique.

### 5.1. Costes

A la hora de realizar la evaluación económica debemos de conocer previamente los costes, incluyendo la estimación de los costes de fabricación. El precio que costará el producto debe cubrir los costes del mismo, el margen de beneficios del fabricante, el margen del intermediario y los impuestos. Los costes del propio producto se dividen en: costes fijos y variables.

### 5.2. Cálculo de costes estimados mediante el uso de ratios

La estimación mediante el uso de ratios es una de las técnicas más empleadas para el cálculo de costes. Estos representan una relación entre dos parámetros. Si la relación es constante o aproximada a una constante, y se conoce su valor, puede obtener el valor estimado de uno de los parámetros si se conoce el otro. En este caso, se van a emplear los ratios propuestos en el libro *Cost Engineering Analysis* del autor W.R. Park Wiley, adaptados al entorno español.

Para este proyecto concreto se emplearán los ratios correspondientes a “fabricaciones diversas”:

Grupos Industrial	Vida media Vm (años)	Capital total/ventas anuales a:= CT/VA
Fabricaciones diversas	13	0.72

Tabla 2 – Ratios 1 para “Fabricaciones diversas” de *Cost Engineering Analysis*, W.R. Park Wiley

Grupo Industrial	Porcentaje de ventas anuales (tanto por uno)			
	Mano de obra indirecta b:=MOI/VA	Mano de obra directa c:=MOI/VA	Materiales directos d:=M/VA	Resto
Fabricaciones diversas	0.10	0.21	0.44	0.25

Tabla 3 - Ratios 1 para "Fabricaciones diversas" de Cost Engineering Analysis, W.R. Park Wiley

### 5.3. Estimación de costes y beneficios

La metodología empleada para la estimación comprende los siguientes pasos:

#### 1. Estimación del nivel de producción

En el caso de un sistema de Indoor Farming, se sabe que es un producto bastante innovador para la población española del que no se encuentra mucha competencia en el mercado. Además, será un producto minimalista y versátil que podrá encajar tanto en espacios interiores como exteriores de hogares y será de gama básica con el fin de que la mayoría de la población se lo pueda permitir a nivel económico y de espacio. Por todo esto, se estiman unas ventas de 10.000

$$n_{prod} = 10000$$

#### 2. Prefijar el precio de venta al público (PVP)

En el caso de los productos de Indoor farming, fijándonos en el estudio de mercado realizado, vemos que el precio está entre los 200 y los 1000 euros. Sabemos entonces que como mínimo son necesarios 200 euros para cubrir las necesidades básicas del producto y que fácilmente llegaría a los 250. Con lo cual, debido a que nuestro producto será de gama básica, de medidas no muy grandes en comparación con los vistos en el mercado pero de calidad y que tenga posibilidad de incorporación de luces LED (lo que incrementaría su precio), el precio de venta al público será de 400 euros.

$$PVP = 400€$$

#### 3. Obtención del precio de venta directa (PVD)

Aquí hablamos del precio al que se vende el producto a los intermediarios. Para su cálculo debemos de tener en cuenta el margen de beneficio que se lleva del mismo. Este margen suele ser específico para cada producto, pero de forma orientativa, teniendo en cuenta que se venderá a través de internet, se considera que el margen será del 10%.

$$PVP - Margen = PVD$$

$$PVD = 400(1 - 0,1) = 360€$$

#### 4. Obtención del total de los ingresos por ventas anuales (VA)

Los ingresos anuales se calculan multiplicando el precio de venta directa por el volumen de producción:

$$VA = PVD \times n_{prod} = 360 \times 10000 = 3600000€$$

## 5. Cálculo de la inversión necesaria o capital total (CT)

Para el cálculo de la inversión necesaria se emplea el ratio “a” de las tablas anteriores, una vez calculadas las ventas anuales. El grupo industrial es el de fabricaciones diversas, por tanto:

$$a = 0,72$$

Según la tabla se cumple la expresión  $a = CT/VA$ , por lo que:

$$CT/VA = a$$

$$CT = a \times VA = 0,72 \times 3600000 = 2592000\text{€}$$

## 6. Cálculo de los costes fijos anuales (Cf)

Los costes fijos se componen de:

- Mano de obra indirecta (MOI): se calcula en función del ratio “b”

$$b = 0,10$$

Según la tabla se cumple la expresión  $b = MOI/VA$ , por lo que:

$$MOI/VA = b$$

$$MOI = b \times VA = 0,10 \times 3600000 = 360000\text{€}$$

- Amortización anual: se calcula en función de Vm (vida media) y CT (capital total). Se supone que la amortización de los equipos, obras e instalaciones es lineal y se emplea el ratio Vm.

$$Vm = 13 \text{ años}$$

Como la amortización es la inversión (capital total) empleada en la vida media del producto:

$$\text{Amortización} = CT/Vm = 2592000/13 = 199385\text{€/año}$$

- Otros (gastos financieros, seguros, etc): se puede estimar como un tanto por ciento de las ventas anuales (VA), en este caso será un 7% del VA.

$$\text{Otros} = 0,07 * VA = ,07 * 360000 = 252000\text{€}$$

Los costes fijos totales será la suma de los tres puntos anteriores:

$$Cf = MOI + \text{Amortización anual} + \text{Otros} = 360000 + 199385 + 252000 = 811385\text{€}$$

## 7. Cálculo de los costes variables (Cv) Los costes variables se componen de:

- Mano de obra directa (MOD): se calcula en función del ratio “c”

$$c = 0,21$$

Según la tabla se cumple la expresión  $c = MOD/VA$ , por lo que:

$$MOD/VA = c$$

$$MOD = c \times VA = 0,21 \times 3600000 = 756000\text{€}$$

- Materias primas (MP): se calcula en función del ratio “d”

$$d = 0,44$$

Según la tabla se cumple la expresión  $d = MP/VA$ , por lo que:

$$MP/VA = d$$

$$MP = dxVA = 0,44 \times 3600000 = 1584000 \text{€}$$

Los costes variables totales será la suma de los dos puntos anteriores:

$$Cv = MOD + MP = 756000 + 158400 = 2340000 \text{€}$$

#### 5.4. Relación de costes e ingresos. Cálculo de beneficio.

Suponiendo que se venden todas las unidades que se producen, los ingresos (I) en función de las ventas anuales son:

$$I = PVD \times n_{prod}$$

#### Diagrama de equilibrio

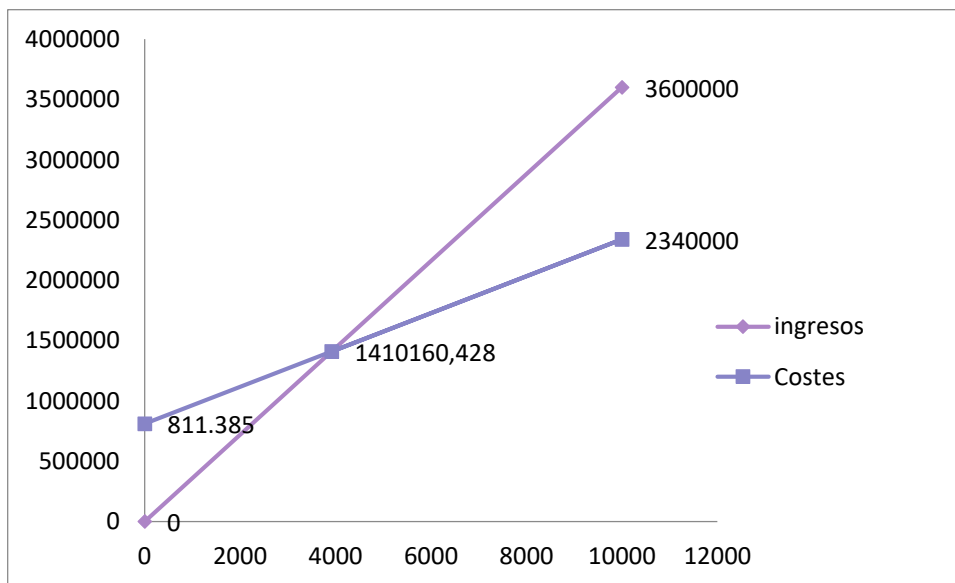


Figura 8 – Diagrama de equilibrio

Observando el diagrama, y teniendo en cuenta que el eje vertical representa los euros, el horizontal el número de unidades, la línea lila los ingresos y la morada los costes; se sabe que empezaremos a tener beneficio cuando los ingresos superen a los costes, es decir, a partir de la venta de 3917 unidades.

Puesto que este estudio es una estimación, en el caso en el que no se vendiesen las 10.000 unidades producidas, las restantes se venderían a un precio reducido denominado precio de venta residual (PVR).

Por tanto, los beneficios brutos vienen expresados por:

$$B^o = nv \times PVD + (n_{prod} - nv) \times PVR - CT$$

Por ejemplo, si solo se venden 5000 unidades y el resto hasta la 10000 se venden a un PVR de 120, tendríamos un beneficio bruto de:

$$\begin{aligned} B^o &= nv \times PVD + (nprod - nv) \times PVR - CT \\ &= 5000 \times 360 + (10000 - 5000) \times 120 - 2592000 = 60000 \\ & \text{euros} \end{aligned}$$

Sin embargo, si se considera que todas las unidades producidas son vendidas, el termino PVR sería nulo, por lo que el beneficio es máximo:

$$\begin{aligned} B^o &= nv \times PVD + (nprod - nv) \times PVR - CT \\ &= 10000 \times 360 + (10000 - 1000) \times 100 - 2592000 = \\ & 1260000 \text{ euros} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos en este análisis son orientativos para ver la viabilidad del diseño, sin embargo, no podremos tener datos verídicos hasta obtener el producto final.

## Anexo 3: Especificaciones del producto

### ÍNDICE

1. Necesidades de fabricación .....	70
2. Necesidades del entorno del producto .....	70
3. Necesidades de vida útil .....	70
4. Necesidades de mantenimiento .....	70
5. Valoración económica .....	70
6. Requerimientos de la competencia .....	70
7. Necesidades de transporte .....	71
8. Necesidades de embalaje .....	71
9. Necesidades de estética y acabado .....	71
11. Necesidades medioambientales .....	71
12. Ergonomía .....	71
14. Necesidades del cliente .....	72



### 1. Necesidades de fabricación

- Será un producto modular para disminuir así los costes de fabricación.
- Formas geométricas simples que no encarezcan la producción.
- Materiales sostenibles y fáciles de manejar.
- Fabricación de todas las piezas principales del mismo material.
- Las dimensiones del producto no deben superar los 500x500x500 mm y el peso no sobrepasar de los 3,5 kg. Además, el espesor mínimo deberá de ser de 2 mm.

### 2. Necesidades del entorno del producto

En este producto concreto, es importante tener en cuenta que el producto deberá de resistir el desgaste tanto en el interior como exterior de la vivienda. Además, se sabe que estará en contacto directo con el agua (cultivo hidropónico) y sometido a una iluminación directa de luces LED (en caso de que el consumidor así lo elija).

Estos serán criterios a tener en cuenta cuando se efectúe la elección del material.

### 3. Necesidades de vida útil

Debido a la situación climática actual y siguiendo la normativa vigente, se deberá de crear un producto con una larga vida útil y de fácil reparación en el caso de que alguna de las piezas quede inservible.

Valorando las características que adoptaría el diseño, así como el uso diario y todas las acciones externas a las que estaría sometido, se estima una vida útil de 13 años.

### 4. Necesidades de mantenimiento

Para el óptimo funcionamiento del producto, se recomienda una limpieza integral con agua y jabón cada vez que se empiece una nueva cosecha.

No se podrá usar disolvente, productos ácidos y lejía para su mantenimiento, ya que, podría provocar desperfectos en el producto.

### 5. Valoración económica

Tras la realización del Estudio de Mercado (Anexo II), se debe de tener en cuenta que el rango de precios de este tipo de productos es de 200 a 1000 euros.

Posteriormente, se ha realizado una estimación del futuro precio de este diseño a través del estudio de viabilidad económica (Anexo II), el cual concluyó en unos 400 euros. Valorándolo en función del mercado actual, la calidad que ofrece y necesidades del consumidor que queremos cubrir, se trata de un precio competente.

### 6. Requerimientos de la competencia

Estos requerimientos han sido extraídos a través del estudio de mercado que se realizó con anterioridad, valorando cuáles son los puntos flojos del mercado actual y que deben ser cubiertos a los usuarios.

- Uso intuitivo y automatización del diseño.
- App con la que controlar el riego.

- Uso de materiales viables técnicamente y sostenibles. □ Limitación de las dimensiones y espacio que ocupa.
- Utilización de innovadores métodos de cultivo como el hidropónico.
- Posibilidad de incorporar luces LED en mano del consumidor.
- Modularidad en el diseño para que el consumidor elija la cantidad de módulos al gusto.

#### 7. Necesidades de transporte

Se empleará como vehículo de transporte el camión. Se trata de un medio económico, seguro y eficaz.

#### 8. Necesidades de embalaje

La opción más sostenible, funcional y económica será el empleo de cajas de cartón, que una vez utilizadas, deberán ser recicladas.

Piezas pequeñas como tornillería se agruparán en envoltorios incorporados dentro del embalaje principal, para así evitar posibles pérdidas.

#### 9. Necesidades de estética y acabado

Será un diseño minimalista y monocromático con el fin de hacer destacar a las plantas en su estética y poder adaptarse a distintos entornos.

El acabado deberá de evitar perfiles vivos o elementos peligrosos para el consumidor. La superficie tendrá un aspecto liso.

#### 11. Necesidades medioambientales

La función principal del producto fomenta un estilo de vida más consciente con la situación climática actual y más respetuosa hacia el planeta. Sin embargo, no solo el motivo principal de su diseño debe aludir a la ecología, sino, todo su proceso de producción, así como el impacto ambiental que provocan los materiales utilizados y el uso diario que le daría el consumidor.

Es por ello, por lo que se deben optar por procesos de producción y materiales sostenibles y de poco gasto energético.

#### 12. Ergonomía

Al hablar de ergonomía, además del propio diseño del producto, se debe tener en cuenta el entorno en el que se va a integrar. Apoyándonos en la antropometría podremos proporcionar pautas de diseño y espacios en los que incorporarlo, con el fin de que todo consumidor pueda adaptarse al uso del producto con la mayor facilidad y comodidad.

Pensando en el producto, deberá de ser diseñado con una geometría fácil e intuitiva cuyo uso y manipulación resulte cómoda al usuario. Además, se deberá de colocar a una altura confortable para el consumidor. Por otro lado, deberá de ser ligero para facilitar su transporte y se deberá de adaptar a las manos de altos percentiles, con el fin de que ninguna persona se sienta excluida de poder utilizar nuestro producto cómodamente:

- Dimensiones máximas por módulo de 500x500x500 mm
- Peso máximo por módulo de 3,5 kg
- Altura máxima del sistema de 1,8 m
- Fácil montaje y desmontaje. Evitar sistemas de unión.
- Sistema de pared
- Sistema modular

#### 14. Necesidades del cliente

Una parte clave de la ideación de un producto, es conocer y tener en cuenta la opinión del público objetivo hacia el que va dedicado. A través de la encuesta realizada, obtuvimos una serie de conclusiones a cerca de lo que los consumidores preferían.

La lista de requisitos fue la siguiente:

- Fácil uso
- Fácil desmontaje
- Fácil limpieza
- Estética minimalista
- Diseño ligero
- Diseño automatizado
- Económico
- Que ocupe poco espacio
- Producto de exterior antes que de interior: si sirve para ambos espacios mejor

## Anexo 4: QFD

### ÍNDICE

1. Introducción.....	75
2. Criterios y procedimiento de cálculo. Proceso de cálculo con QFD.....	75
3. Lista de los QUÉs.....	76
4. Análisis de los QUÉs.....	76
5. Cómo implantar esas necesidades.....	77
6. Ilustración QFD realizado.....	78
7. Resultados finales.....	79

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema QFD.....	75
Figura 2 – QFD realizado.....	78



## 1. Introducción

En el Anexo II (Estudio de viabilidad) y Anexo III (Especificaciones del producto) se ha realizado un exhausto análisis del mercado, tanteado la situación actual, especificados los requerimientos del usuario y determinado las especificaciones que deberíamos de considerar a la hora de realizar el diseño conceptual.

En este documento se acude a la herramienta QFD para determinar cuáles de esas especificaciones tienen más prioridad, y por lo tanto son necesarias para su diseño y fabricación.

## 2. Criterios y procedimiento de cálculo. Proceso de cálculo con QFD.

El despliegue de la función de calidad, o sea, la llamada Casa de la Calidad, Análisis de necesidades y expectativas o QFD, es una metodología utilizada en la ingeniería de la calidad para conseguir que los productos se ajusten a las necesidades y deseos del usuario, de manera que se pueda calcular matemáticamente qué características se debe tener en cuenta al diseñar el producto.

Gracias a esta herramienta, se puede obtener cuales son los requisitos que el usuario busca en el producto, que características son necesarias y cuales suponen un sobre coste evitable, y en qué posición se encuentra nuestro diseño frente al de la competencia y como mejorar esta posición.

### **Esquema QFD**

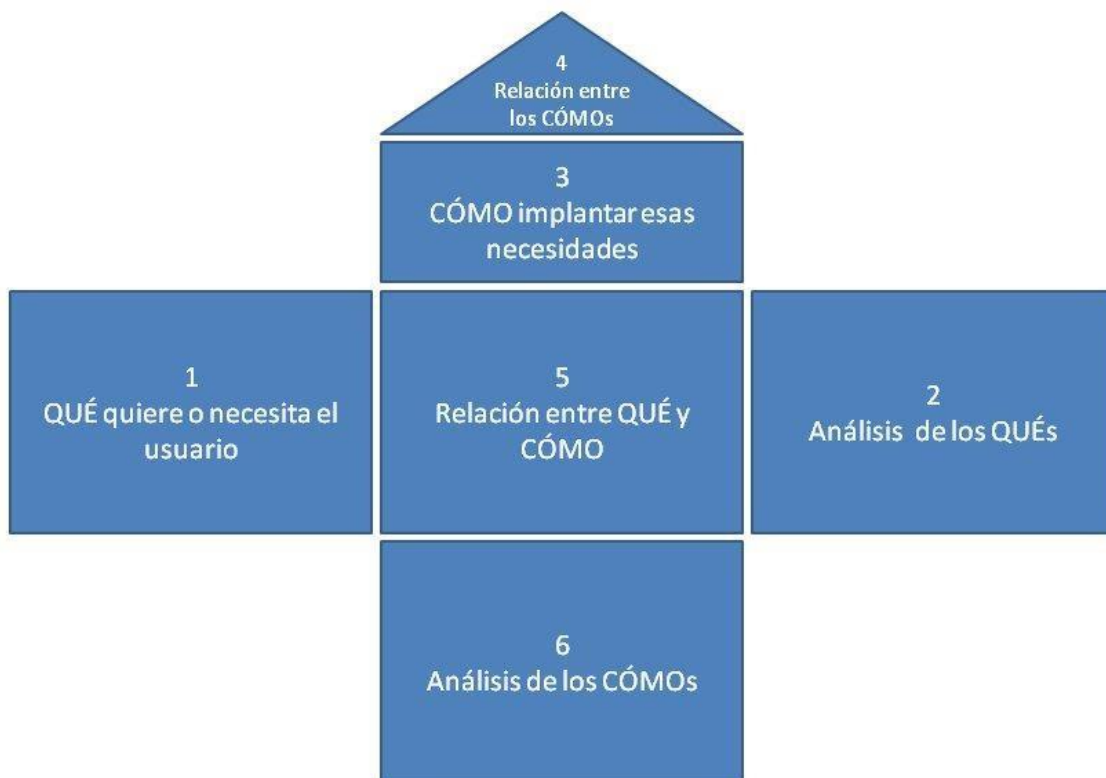


Figura 1 – Esquema QFD

Se realizará el análisis siguiendo el esquema:

### 3. Lista de los QUÉS

Aquí se escriben todos los aspectos que el usuario solicita del producto. No se ha de olvidar ninguno, puesto que luego se irán eliminando los menos importantes.

- Que sea económico
- Que sea de fácil montaje
- Que sea de uso intuitivo
- Que sea automatizado
- Que sea fácil de limpiar
- Que sea duradero
- Que sirva de interior y exterior
- Que sea ligero
- Que ocupe poco espacio
- Que sea resistente a caídas
- Que sea modular
- Que sea minimalista y estético
- Que sea sostenible
- Que sea fácil de reparar
- Que no se deteriore por la exposición a agentes externos (sol y agua)

### 4. Análisis de los QUÉS

En la primera columna, aparecerá el orden de importancia de la característica para el usuario, orden que se obtiene mediante la realización de una encuesta donde se da un rango de valores entre el 1 y el 5, siendo el 1 el menos importante y el 5 el más. (Columna 1).

La siguiente columna, refleja la situación actual de nuestro producto con respecto a cada QUÉ (Columna 3) y con respecto a la competencia (Columna 4) que, como no existe competencia directa, en esta columna 4 solo aparecerán valores de 1. Teniendo el mismo rango de valores entre 1 y 5, siendo el número 1 muy mala situación y el 5 la mejor.

En la siguiente columna se encontrará el objetivo a alcanzar, basado en la importancia de cada QUÉ.

En la siguiente, aparece el ratio de mejora, que es un cálculo de la situación actual de cada QUÉ entre su objetivo.

El argumento de venta se encontrará en la siguiente columna y podrá llevar 2 valores 1 o 1,5 dependiendo de si el QUÉ mencionado es o no un buen argumento para la venta, siendo 1 peor argumento que 1,5. Esto es, de alguna forma, un orden de prioridades realizado por la propia empresa.

En la antepenúltima columna, se encuentra la ponderación absoluta, siendo un cálculo entre la importancia, el ratio de mejora y el argumento de venta, todo multiplicándose entre sí.

La penúltima columna refleja la ponderación relativa, en tantos porcientos (%), de cada QUÉ entre la suma de todas las ponderaciones absolutas.

En la última columna aparecen los aspectos más importantes a mejorar. Observando las ponderaciones anteriores, se pueden clasificar los QUÉS según su prioridad y llevar a cabo los más altos en ponderación.

#### 5. Cómo implantar esas necesidades

Ya analizado qué es lo que debe incluir el producto, se debe de especificar cómo; es decir; determinar los requisitos técnicos para que se puedan llevar a cabo. La lista de los CÓMOs será:

- Tiempo de limpieza (-10 mins)
- Peso del producto (2-5 kg)
- Materiales ligeros
- Materiales duraderos y resistentes
- Materiales sostenibles
- Modular (adaptar tantos módulos como espacio tengas)
- Producto de pared (ocupar menos espacio)
- Número de piezas principales (1-5)
- Sistemas de producción convencionales (más económico)
- Formas simples, sin adornos y colores neutros
- Dimensiones (30x50x30) cm<sup>3</sup>



## 7. Resultados finales

Podemos concluir con qué especificaciones son obligatorias para nuestro producto y cuáles no, viendo el orden de prioridad de estas. Estableceremos entonces que las siguientes características deberán de ser un sí o sí de nuestro diseño:

- Métodos de fabricación convencionales y económicos
- Número de piezas no mayor de 5
- Fácil uso
- Tiempo de limpieza de 10 mins máximo
- Diseño que permita incorporarle luces LED o no incorporárselas
- Dimensiones aproximadas de 30x50x30 cm<sup>3</sup>
- Riego automático y guía digital mediante aplicación
- Materiales duraderos

## Anexo 5: Estudio de materiales

### ÍNDICE

1. Introducción.....	82
2. Termoplásticos.....	82
2.1. PET (Tereftalato de polietileno).....	82
2.2. PC (Policarbonato) .....	83
2.3. ABS (Termoplástico de Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno).....	83
3. Selección del material mediante Matriz Pugh.....	85
4. Conclusión.....	86

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Pugh de selección de materiales realizada .....	85
---	----



## 1. Introducción

En este apartado, se verá un análisis de distintas opciones de materiales con las que fabricar el producto, al fin de elegir aquel que se ajuste más a los requerimientos del diseño.

Todas las piezas del diseño se fabricarán del mismo material, a excepción de piezas pequeñas o elementos de unión adicionales.

Analizando cuales son los materiales más usados y apropiados en el mercado enfocados a la funcionalidad del producto, se han propuesto tres opciones de materiales termoplásticos a utilizar:

- PET
- PC
- ABS

## 2. Termoplásticos

### 2.1. PET (*Tereftalato de polietileno*)

PET (polietilentereftalato) es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado.

Este avanzado polímero ofrece alta prestaciones térmicas, mecánicas y eléctricas. Es un material especificado como aislante eléctrico/electrónico. La Polieterimida ofrece una elevada resistencia térmica y a sustancias químicas y su temperatura de uso continuo es hasta + 170°C.

Sus principales características son:

- Totalmente reciclable
- Resistencia y rigidez muy altas
- Resistencia a la torsión
- Elevada resistencia a la deformación térmica
- Alta resistencia a la intemperie
- Muy buena estabilidad dimensional
- Excelente resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas
- Fisiológicamente inerte (aprobado para estar en contacto con alimentos)

Aplicaciones:

- Componentes en la industria aeronáutica
- Componentes en la industria de la alimentación
- Componentes en la industria electrotécnica

### 2.2. PC (Policarbonato)

El policarbonato es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna. El nombre "policarbonato" se basa en que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular. También el monóxido de carbono fue usado para sintetizar C1 en escala industrial y producir difenil carbonato, que luego se esterifica con un derivado difenólico para obtener carbonatos poliaromáticos. Estos últimos son producto de la reacción del dióxido de carbono con epóxidos, teniendo en cuenta que la estabilidad termodinámica del dióxido de carbono requiere usar catalizadores. Posee una densidad de 1.20g/cm<sup>3</sup> y un rango de temperatura de -100°C+135°C.

Sus principales características son:

- Elevada resistencia mecánica
- Buena resistencia a la fluencia
- Excelente resistencia al impacto
- Muy buena estabilidad dimensional
- Color natural (incoloro, translucido)
- Buena maquinabilidad
- Baja densidad

Aplicaciones:

- Piezas para uso médico o farmacéutico
- Piezas para mecanismos de precisión
- Piezas para aislamiento eléctrico
- Piezas en contacto con productos alimenticios

### 2.3. ABS (Termoplástico de Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno)

El polímero ABS es un terpolímero amorfo que se fabrica combinando tres compuestos distintos. Los tres elementos que componen el plástico ABS son el acrilonitrilo, el butadieno y el estireno. Usando diferentes combinaciones de estos monómeros se pueden fabricar diversos tipos de plástico ABS con propiedades diferentes mediante ramificación o copolimerización. El material ABS tiene la peculiaridad única de ser un puente entre los termoplásticos industriales de uso general y los termoplásticos de ingeniería de altas prestaciones. Se caracteriza por su tenacidad y resistencia a impactos incluso a bajas temperaturas, buena rigidez y maquinabilidad.

Sus principales características son:

- Rentabilidad
- Disponibilidad en color natural y negro
- Fácil unión
- Alta rigidez.
- Muy resistente a impactos y abrasión.
- Mecanización fácil

Aplicaciones:

- Paneles de instrumentos, cajas de cableado.
- Carcasas de electrodomésticos y dispositivos electrónicos.
- Industria del juguete.
- Impresión 3D.
- Automoción.
- Mecánica de precisión.
- Industria eléctrica.
- Industria sanitaria

3. Selección del material mediante Matriz Pugh

Alternativas/ideas etc	Grado de relevancia	Alternativas			Evaluaciones		
		1 - PET (referencia)	2 - PC	3 - ABS	1 - PET (referencia)	2 - PC con respecto a PET	3 - ABS con respecto a PET
<b>Criterios</b>							
Precio (euro/kg)	-	1,15	2,28	2,51	0	-1	-1
Densidad (kg/m3)	-	1345	1175	1110	0	1	1
Coefficiente de poisson	-	0,3885	0,3995	0,4065	0	0	-1
Dureza Vickers	-	17,85	19,7	10,45	0	1	-1
Modulo a cortante (GPa)	-	1,242	0,8305	0,6745	0	-1	-1
Tenacidad a fractura (Mpam <sup>0,5</sup> )	-	5	3,35	2,74	0	-1	-1
Conductividad térmica: calor específico (J/kg.°C)	-	1445	1580	1655	0	-1	1
Durabilidad en entornos solares	-	Buena	Adecuada	Mala	0	1	-1
Durabilidad en entornos marinos	-	Excelente	Aceptable	Excelente	0	-1	0
		$\Sigma +$ 's			0	3	2
		$\Sigma -$ 's			0	5	6
		$\Sigma 0$ 's			9	1	1
		<b>Diferencia entre <math>\Sigma +</math>'s y <math>\Sigma -</math>'s</b>			0	-2	-4

**CONCLUSIÓN:** La alternativa 1 (PET) es mejor que la 2 (PC) y que la 3 (ABS)

Figura 1 – Matriz Pugh de selección de materiales realizada

#### 4. Conclusión

Tras haber realizado un análisis y evaluación de las tres propuestas de material y sus características más relevantes para el diseño, se ha concluido con que la mejor elección será la de fabricar las piezas principales del producto del termoplástico PET (Tereftalato de polietileno).

## Anexo 6: Selección de alternativas

### ÍNDICE

1. Introducción.....	89
2. Alternativas.....	89
Alternativa 1: .....	89
Alternativa 2: .....	90
Alternativa 3: .....	91
3. Comparación con Matriz Pugh .....	91
4. Resultados.....	93

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Boceto 1 .....	89
Figura 2 – Boceto 2 .....	90
Figura 3 – Boceto 3 .....	91
Figura 4 – Matriz Pugh de selección de alternativas realizada.....	92



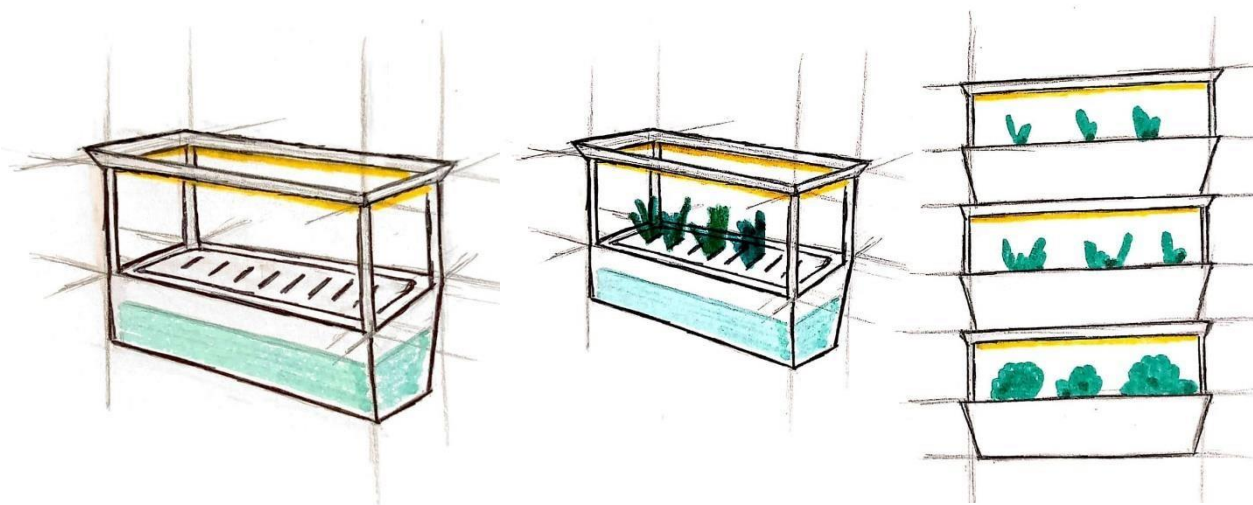
## 1. Introducción

Una vez definidas las especificaciones del producto, se procede a la generación de ideas, análisis y evaluación, con el fin de encontrar la mejor opción para dar solución a este problema de diseño.

## 2. Alternativas

A continuación, se presentarán tres alternativas junto a sus bocetos y una breve explicación:

*Alternativa 1:*

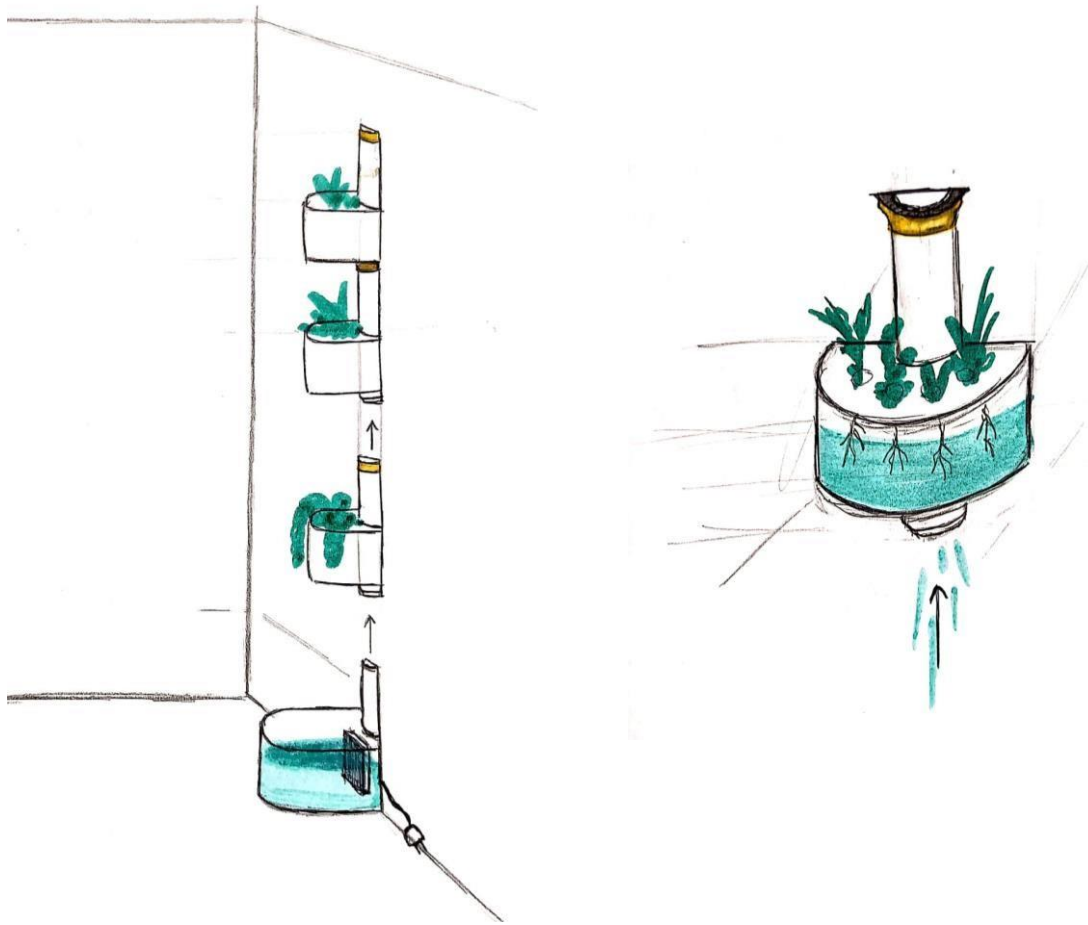


*Figura 1 – Boceto 1*

Se trata de un sistema hidropónico compuesto por módulos, los cuales enganchan la parte inferior de uno con la superior del siguiente y así sucesivamente.

Cada módulo está formado por un macetero rectangular que funciona como depósito, donde se almacena la solución nutritiva que aportará los nutrientes necesarios a los vegetales; y por una estructura de barras en su parte superior que recubre el espacio donde se encontrarían las hojas y frutas de la planta. Esta sirve de apoyo para el siguiente módulo y de sujeción para la colocación de unas barras de luz LED que requeriría el producto si el usuario desea colocar el diseño en interior. Si por el contrario el usuario prefiere colocarlo en zonas exteriores de su hogar, no tendrá que adquirir estas barras de luz LED.

Se trata de un diseño versátil; puede ser de pared o suelo, de exterior o interior, y extensible gracias a posibilidad de agregar tantos módulos como el consumidor prefiera.

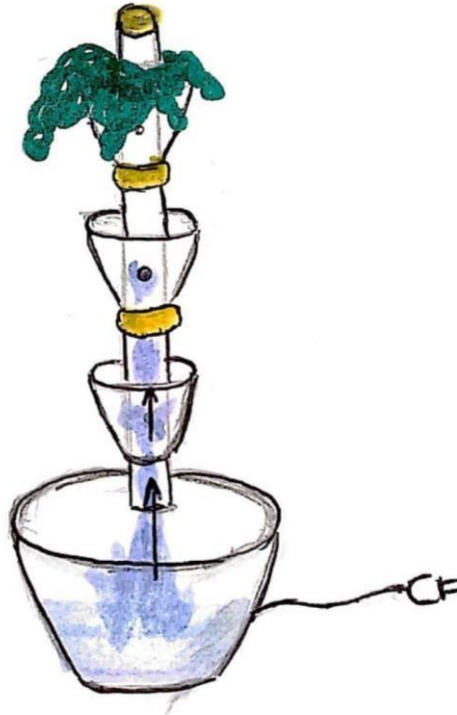
*Alternativa 2:**Figura 2 – Boceto 2*

Esta alternativa también sería un sistema hidropónico modular, concretamente de pared.

Cada módulo, con forma de medio cilindro, posee una estructura tubular en su centro por el que subiría la solución nutritiva hasta llegar a las raíces del vegetal. Esta misma estructura tubular, que queda un tramo más alta que el medio cilindro principal, hace de sujeción para una tira de luz LED, en caso de que el consumidor opte por colocar el producto en interior. Además, cada medio tubo engancha con el medio tubo del módulo siguiente; ofreciendo la posibilidad de enganchar cuantos módulos quiera el usuario.

Finalmente, habrá un último módulo con la misma forma y de mayores dimensiones que hará de base y depósito al diseño. Aquí, se almacenará la solución nutritiva del sistema y, mediante una bomba de agua conectada a un temporizador, la solución nutritiva será impulsada hacia arriba, regando así todos los módulos existentes cuando los vegetales lo necesiten.

*Alternativa 3:*



*Figura 3 – Boceto 3*

Esta última opción, se trata de un sistema hidropónico de suelo que funcionará de una forma similar a la anterior, sin llegar a ser un sistema modular.

Una base en forma de tronco de cono hará de depósito de la solución nutritiva, además de distribuidora de esta a través de una bomba de agua con temporizador como en el caso anterior. Esta solución subirá por un tubo central que se comunicará con los distintos maceteros donde encontraremos los vegetales. Además, justo debajo de cada macetero encontraremos un rosco de luz LED que alimentará a las plantas del macetero anterior.

### 3. Comparación con Matriz Pugh

Para realizar una comparativa de las tres alternativas desde un punto de vista objetivo, se empleará una Matriz Pugh.

Esta herramienta se utiliza para contemplar, en función de ciertos criterios, cual es la mejor opción frente a un problema. Para llevar a cabo esta comparación, se escoge una alternativa de referencia (en este caso la 1) y se evalúan las demás con respecto a este. Los criterios por los que nos vamos a guiar serán las especificaciones y requerimientos del diseño anteriormente analizados y definidos:

Alternativas/ideas etc	Grado de relevancia (%)	Alternativas			Evaluaciones		
		1 - Alternativa 1 (referencia)	2 - Alternativa 2	3 - Alternativa 3	1 - 1 (referencia)	2 - 2 con respecto a 1	3 - 3 con respecto a 1
<b>Criterios</b>							
Modular	10	SI	SI	No	0	0	-1
Sirve de interior y exterior	12	SI	SI	SI	0	0	0
Ocupa poco espacio	12	Poco	Muy poco	Algo más	0	0,12	-1
Materiales duraderos y resistentes	8	SI	SI	SI	0	0	0
Métodos de fabricación convencionales y económicos	10	SI	SI	SI	0	0	0
Fácil uso	10	SI	SI	SI	0	0	0
Riego automático y guía digital mediante APP	10	No	SI	SI	0	1	-1
Fácil limpieza	10	Muy fácil	Fácil	Menos fácil	0	-1	-1
Fácil desmontaje	10	Fácil	Fácil	Menos fácil	0	0	-1
Estética minimalista	8	SI	SI	SI	0	0	0
<b><math>\Sigma + 's</math></b>					0	2	0
<b><math>\Sigma - 's</math></b>					0	1	4
<b><math>\Sigma 0 's</math></b>					8	5	4
<b>Total Diferencia entre <math>\Sigma + 's</math> y <math>\Sigma - 's</math></b>					0	1	-4
<b>Ponderado Diferencia entre <math>\Sigma + 's</math> y <math>\Sigma - 's</math></b>					0	0,12	-0,42

**CONCLUSIÓN:** La alternativa con más puntuación es la 2

Figura 4 – Matriz Pugh de selección de alternativas realizada

#### 4. Resultados

Realizada la Matriz Pugh, se ha concluido con que la mejor alternativa solución, es decir, aquella que concuerda más con los criterios establecidos en los anexos anteriores, sería la alternativa 2.

Esta abarca todas aquellas especificaciones que se habían establecido como imprescindibles; modular, que ocupe poco espacio, que sirva de exterior e interior, minimalista, automatizado, de fácil uso, fácil limpieza y fácil desmontaje.

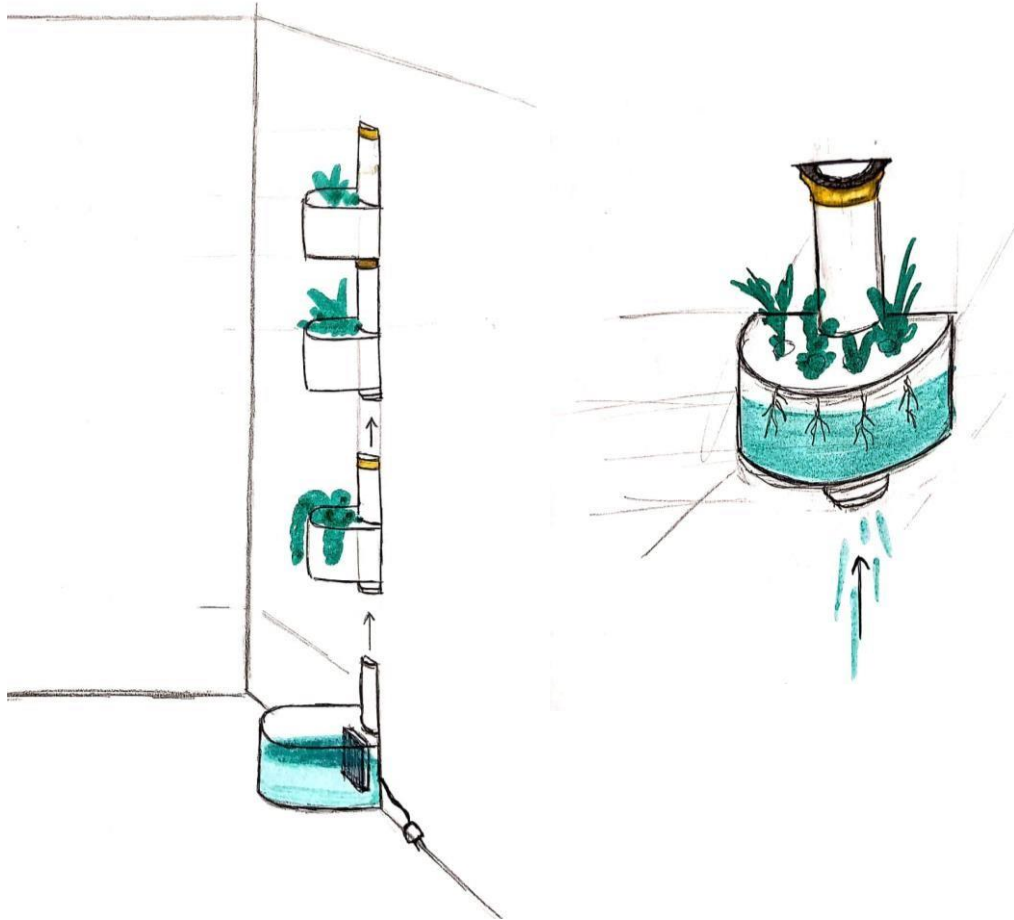


Figura 2 – Boceto 2

## Anexo 7: Simulación

### ÍNDICE

1. Introducción.....	96
2. Análisis estático .....	96
2.1. Información modelo .....	96
2.2. Datos mecánicos del PET .....	96
2.3. Sujeción.....	96
2.4. Fuerza aplicada .....	97
2.5. Factores de seguridad utilizados en el diseño de sistemas mecánicos: .....	97
3. Método de cálculo .....	97
4. Resultados.....	99
5. Conclusiones .....	100

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo.....	96
Figura 2 – Mallado de un elemento.....	98

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Propiedades del modelo .....	96
Tabla 2 – Datos mecánicos PET .....	96
Tabla 3 – Datos sujeción SolidWorks Simulation.....	96
Tabla 4 – Datos fuerza aplicada SolidWorks Simulation .....	97
Tabla 5 – Resultados de tensiones .....	99
Tabla 6 – Resultados de desplazamientos.....	99
Tabla 7 – Resultados de deformaciones.....	100



1. Introducción

Se va a realizar un análisis estático a la pieza principal y más crítica para evaluar su tensión, deformación y desplazamiento ante ciertas cargas.

- Análisis estático: Se hará a la pieza macetero de módulo, considerando que es de plástico PET y que soportaría una carga distribuida perpendicular a toda su base de 30 N (estimación de peso máximo que soportaría en la realidad).

2. Análisis estático

2.1. Información modelo

Propiedades volumétricas	
Masa:	1,4079 kg
Volumen:	0,000991482 m <sup>3</sup>
Densidad:	1.420 kg/m <sup>3</sup>
Peso:	13,7975 N

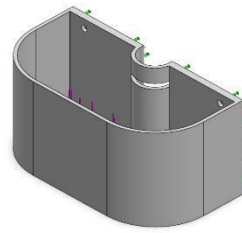


Tabla 1 – Propiedades del modelo

Figura 1. Modelo

2.2. Datos mecánicos del PET

<b>Nombre:</b>	<b>PET</b>
Límite de tracción:	5,73e+07 N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión:	9,29e+07 N/m <sup>2</sup>
Módulo elástico:	2,96e+09 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson:	0,37
Densidad:	1.420 kg/m <sup>3</sup>

Tabla 2 – Datos mecánicos PET

2.3. Sujeción

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades:	2 cara(s)	
		Tipo:	Geometría fija	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-1,71363e-07	30	-6,78003e-06	30
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 3 – Datos sujeción SolidWorks Simulation

## 2.4. Fuerza aplicada

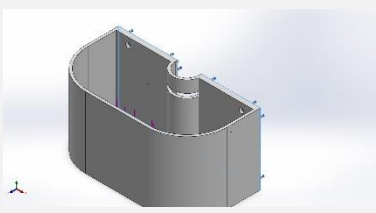
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades: Tipo:  Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza  normal 30 N

Tabla 4 – Datos fuerza aplicada SolidWorks Simulation

## 2.5. Factores de seguridad utilizados en el diseño de sistemas mecánicos:

- **n=1.25-1.5** para materiales profundamente conocidos, usados bajo condiciones controlables y sujetos a cargas y tensiones que pueden ser determinadas con certeza.
- **n=1.5-2** para materiales bien conocidos, bajo condiciones ambientales razonablemente constantes, sujetos a cargas y tensiones que pueden determinarse fácilmente.
- **n=2-2.5** para materiales medios, operando en ambientes corrientes y sujetos a cargas y tensiones que se pueden determinar.
- **n=2.5-3** para materiales menos ensayados o frágiles, bajo condiciones normales de ambiente, carga y tensión.
- **n=3-4** para materiales sin ensayar, bajo condiciones normales de ambiente, carga y tensión.
- **n=3-4** debería de usarse con materiales bien conocidos, utilizados en condiciones ambientales o de cargas desconocidas.
- **Cargas alternantes:** son aceptables los factores establecidos en los puntos 1 a 6, pero deben aplicarse al límite de fatiga en vez de al límite elástico del material.
- **Impactos:** los factores de los puntos 3 a 6 son válidos, pero ase debería añadir un factor de impacto.
- **Materiales frágiles:** cuando la tensión de rotura se usa como máximo teórico, los factores de 1 a 6 deben doblarse.
- Si pareciese deseable el uso de factores más altos, debería llevarse a cabo un análisis en profundidad del problema.

En este caso se va a escoger un coeficiente de seguridad admisible  $n=2-2.5$ .

## 3. Método de cálculo

Los ensayos se van a realizar mediante una simulación en el programa SolidWorks.

El software utiliza el Método de Elemento Finito (FEM). El FEM es una técnica numérica para analizar diseños de ingeniería. El FEM está aceptado como el método de análisis estándar debido a su generalidad y compatibilidad para ser implementado en computadoras. El FEM divide el modelo en numerosas piezas pequeñas de formas

simples llamadas "elementos", que reemplazan eficazmente un problema complejo por muchos problemas simples que deben ser resueltos de manera simultánea.

Los elementos comparten puntos comunes denominados "nodos". El proceso de



*Figura 2 – Mallado de un elemento*

división del modelo en pequeñas piezas se denomina mallado.

El comportamiento de cada elemento es bien conocido bajo todas las situaciones de soporte y carga posibles. El método de elemento finito utiliza elementos con formas diferentes.

En el análisis de tensión, por ejemplo, el solver encuentra los desplazamientos en cada nodo y, posteriormente, el programa calcula las deformaciones unitarias y finalmente las tensiones.

4. Resultados

Tras realizar el estudio, se ha obtenido:

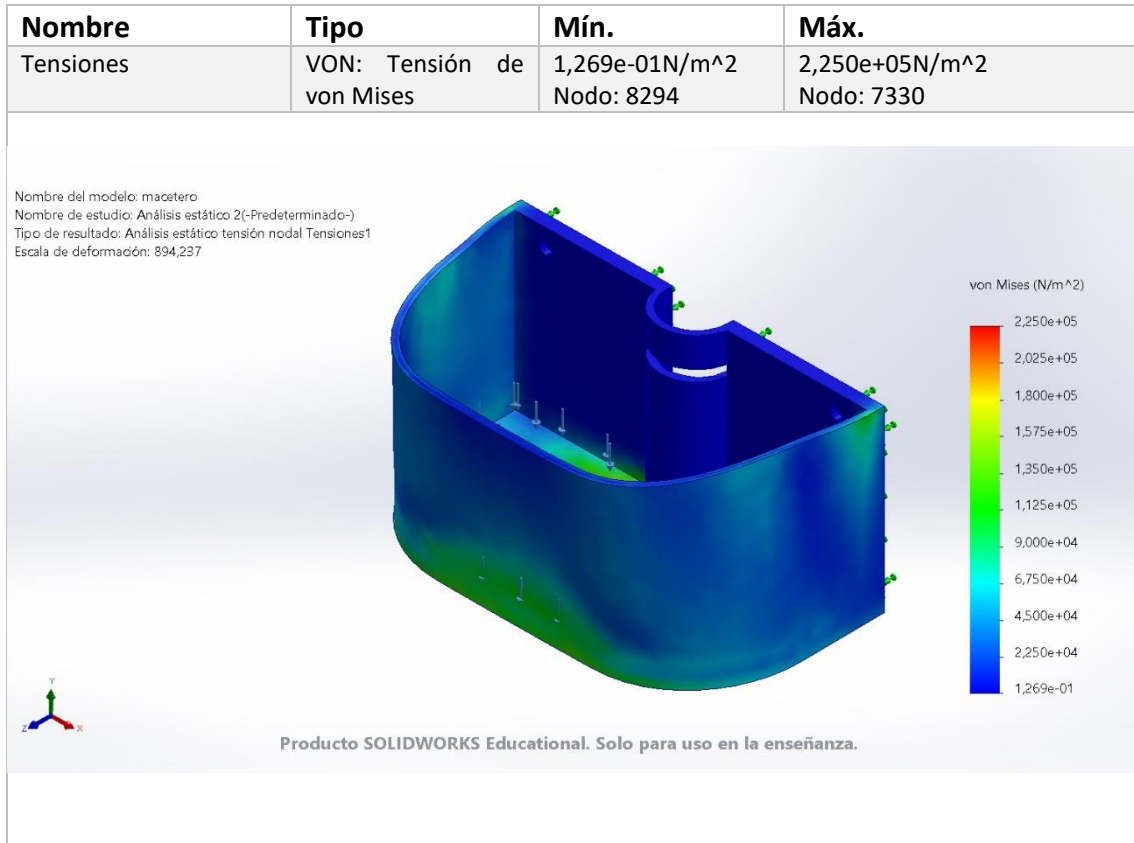


Tabla 5 – Resultados de tensiones

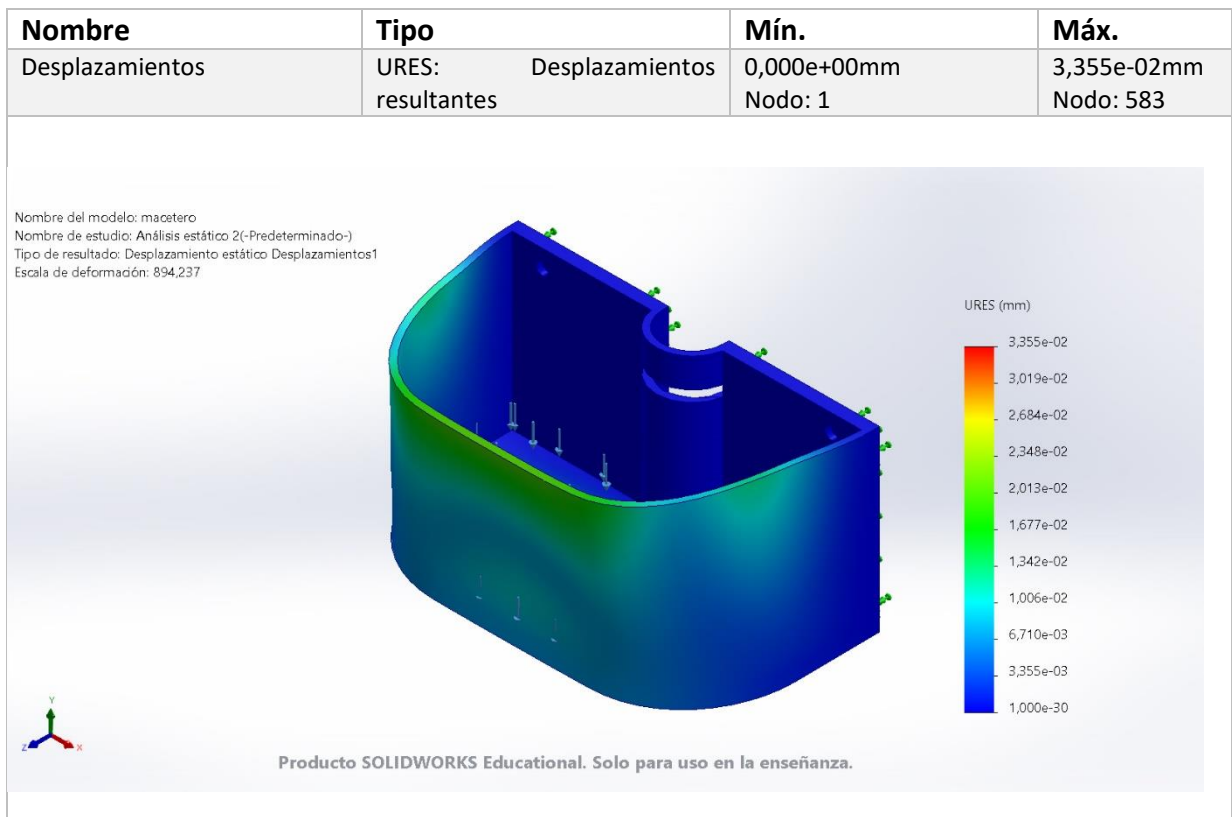


Tabla 6 – Resultados de desplazamientos

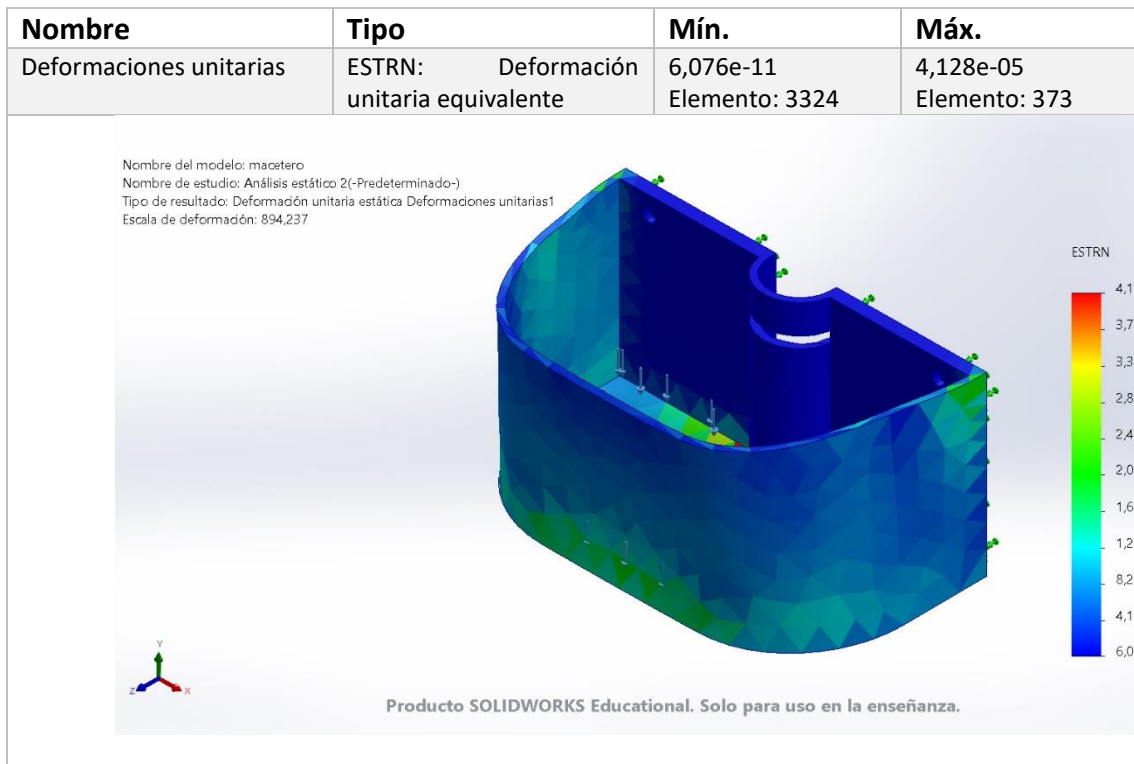


Tabla 6 – Resultados de deformaciones

5. Conclusiones

Los esfuerzos máximos que se producirán en esta pieza y como consecuencia en el sistema, considerando que la fuerza máxima aplicada por módulo es de 30 N, serán:

Tensión max	Desplazamiento max	Deformación max
2,250e+05N/m <sup>2</sup>	3,355e-02mm	4,128e-05

## Anexo 8: Análisis de ciclo de vida

### ÍNDICE

1. Introducción.....	103
Indicadores medioambientales: .....	103
2. Análisis de sostenibilidad con distintos materiales .....	103
ABS: .....	104
PET .....	107
PC: .....	110
3. Conclusión.....	112

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Datos modelo Análisis ACV para ABS.....	104
Tabla 2 – Datos ciclo de vida para ABS .....	105
Tabla 3 – Resultados de impacto ambiental para ABS .....	106
Tabla 4 – Datos modelo Análisis ACV para PET .....	107
Tabla 5 – Datos ciclo de vida para PET .....	108
Tabla 6 – Resultados de impacto ambiental para PET .....	109
Tabla 7 - Datos modelo Análisis ACV para PC.....	110
Tabla 8 - Datos ciclo de vida para PC .....	111
Tabla 9 – Resultados de impacto ambiental para PC .....	112



## 1. Introducción

La sostenibilidad representa una interacción equilibrada entre el mundo construido por el hombre y el medio natural. A menudo, esta interacción se expresa mediante tres componentes: medio ambiente, equidad social y economía.

*Indicadores medioambientales:*

Se va a determinar el impacto medioambiental mediante unos indicadores medioambientales, y estos están encuadrados en 5 dominios o categorías:

1. ENERGÍA: Agotamiento de los recursos naturales (demanda de energía no renovable).
2. AIRE. Impactos en el aire (acidificación del aire).
3. AGUA. Impactos terrestres y acuáticos (eutrofización del agua).
4. CARBONO. Efectos climáticos (huella del carbono) (efecto invernadero).

Este análisis se va a llevar a cabo a través de la herramienta SolidWorks Sustainability, la cual contempla los cuatro factores que se acaban de mencionar.

## 2. Análisis de sostenibilidad con distintos materiales

Se van a analizar los tres tipos de termoplásticos que se propusieron para la fabricación de las piezas de nuestro producto en el estudio de materiales realizado anteriormente. Como todas las piezas principales serán fabricadas del mismo material, analizaremos la sostenibilidad en la pieza principal, macetero de módulo.

ABS:

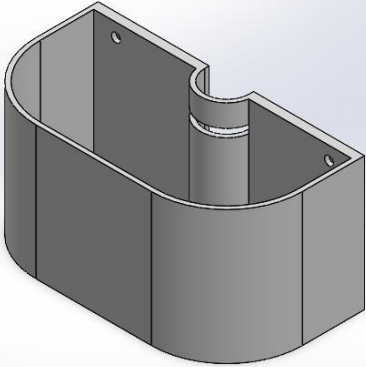

	<p><b>Nombre del modelo:</b> macetero</p> <p><b>Material:</b> ABS</p> <p><b>Contenido reciclado:</b> 0.00 %</p> <p><b>Peso:</b> 1011.31 g</p> <p><b>Proceso de fabricación:</b> Moldeo por inyección</p> <p><b>Área de superficie:</b> 3.34E+5 mm<sup>2</sup></p> <p><b>Construido para durar:</b> 13 year</p> <p><b>Utilización durante:</b> 1.0 year</p>
	<p><b>Región de fabricación</b></p> <p>La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.</p> <p><b>Región de utilización</b></p> <p>Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.</p>

Tabla 1 – Datos modelo Análisis ACV para ABS

<b>Material</b>	ABS	0.00 %	
<b>Coste de la unidad de material</b>	2.90 USD/kg		
<b>Fabricación</b>		<b>Utilización</b>	
Región:	Europe	Región:	Europe
Proceso:	Moldeo por inyección	Utilización durante:	1.0 year
Consumo de electricidad:	1.8E-3 kWh/lbs		
Consumo de gas natural:	0.00 BTU/lbs		
Tasa de desecho:	2.0 %		
Construido para durar:	13 year		
Pieza pintada:	No Paint		
<b>Transporte</b>		<b>Fin de la vida útil</b>	
Distancia en camión:	1900 km	Reciclado:	25 %
Distancia en tren:	0.00 km	Incinerado:	24 %
Distancia en barco:	0.00 km	Vertedero:	51 %
Distancia en avión:	0.00 km		

Tabla 2 - Datos ciclo de vida para ABS

Impacto medioambiental (calculado mediante la metodología de evaluación de impacto CML)

**Huella de carbono**



5.5 kg CO<sub>2</sub>e

**Energía total consumida**



110 MJ

**Acidificación atmosférica**



0.016 kg SO<sub>2</sub>e

**Eutrofización del agua**



2.4E-3 kg PO<sub>4</sub>e

**Impacto financiero de los materiales** 2.90 USD

Tabla 3 – Resultados de impacto ambiental para ABS

PET

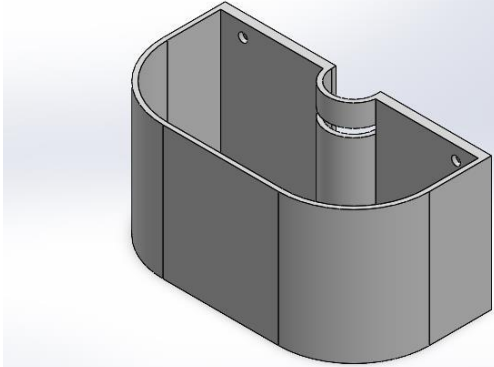

	<p><b>Nombre del macetero modelo:</b></p>
	<p><b>Material:</b> PET</p> <p><b>Contenido reciclado:</b> 0.00 %</p> <p><b>Peso:</b> 1407.90 g</p> <p><b>Proceso de fabricación:</b> Moldeo por inyección</p> <p><b>Área de superficie:</b> 3.34E+5 mm<sup>2</sup></p> <p><b>Construido para durar:</b> 13 year</p> <p><b>Utilización durante:</b> 1.0 year</p>
	<p><b>Región de fabricación</b></p> <p>La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.</p>
	<p><b>Región de utilización</b></p> <p>Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.</p>

Tabla 4 - Datos modelo Análisis ACV para PET

<b>Material</b>	PET	0.00 %	
<b>Coste de la unidad de material</b>	2.20 USD/kg		
<b>Fabricación</b>		<b>Utilización</b>	
Región:	Europe	Región:	Europe
Proceso:	Moldeo por inyección	Utilización durante:	1.0 year
Consumo de electricidad:	de 1.8E-3 kWh/lbs		
Consumo de gas natural:	0.00 BTU/lbs		
Tasa de desecho:	2.0 %		
Construido para durar:	13 year		
Pieza pintada:	No paint		
<b>Transporte</b>		<b>Fin de la vida útil</b>	
Distancia en camión:	1900 km	Reciclado:	25 %
Distancia en tren:	0.00 km	Incinerado:	24 %
Distancia en barco:	0.00 km	Vertedero:	51 %
Distancia en avión:	0.00 km		

Tabla 5 - Datos ciclo de vida para PET

Impacto medioambiental (calculado mediante la metodología de evaluación de impacto CML)

**Huella de carbono**



Material:	4.2 kg CO <sub>2</sub> e
Fabricación:	1.5 kg CO <sub>2</sub> e
Transporte:	0.128 kg CO <sub>2</sub> e
Fin de la vida útil:	0.947 kg CO <sub>2</sub> e

6.8 kg CO<sub>2</sub>e

**Energía total consumida**



Material:	120 MJ
Fabricación:	29 MJ
Transporte:	1.9 MJ
Fin de la vida útil:	0.705 MJ

150 MJ

**Acidificación atmosférica**



Material:	7.4E-3 kg SO <sub>2</sub> e
Fabricación:	0.010 kg SO <sub>2</sub> e
Transporte:	6.0E-4 kg SO <sub>2</sub> e
Fin de la vida útil:	5.5E-4 kg SO <sub>2</sub> e

0.019 kg SO<sub>2</sub>e

**Eutrofización del agua**



Material:	7.1E-4 kg PO <sub>4</sub> e
Fabricación:	3.6E-4 kg PO <sub>4</sub> e
Transporte:	1.4E-4 kg PO <sub>4</sub> e
Fin de la vida útil:	9.5E-4 kg PO <sub>4</sub> e

2.2E-3 kg PO<sub>4</sub>e

**Impacto financiero de los materiales** 3.10 USD

Tabla 6 - Resultados de impacto ambiental para PET

PC:

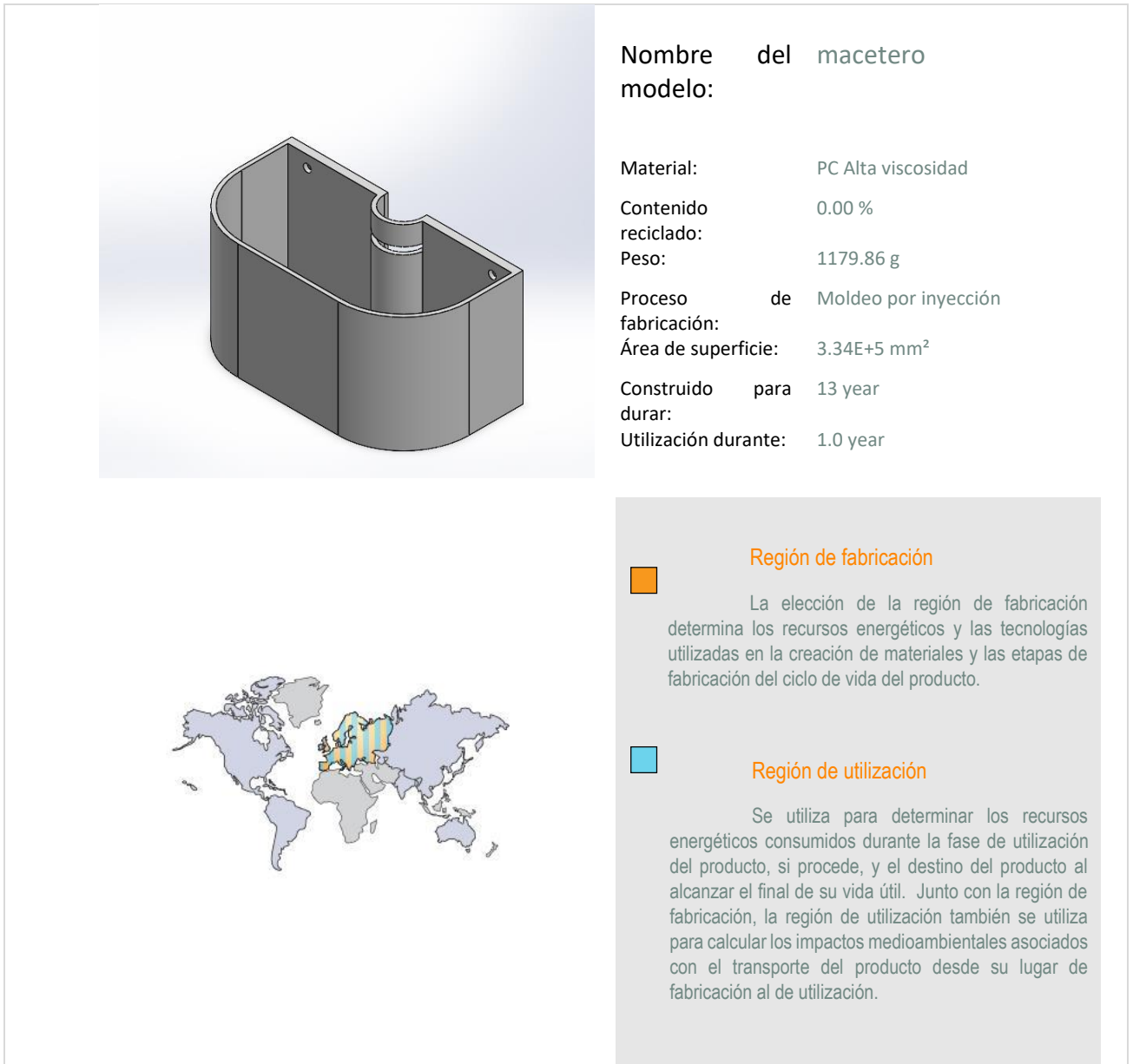


Tabla 7 - Datos modelo Análisis ACV para PC

<b>Material</b>	PC	0.00 %	
<b>Coste de la unidad de material</b>	4.60 USD/kg		
<b>Fabricación</b>		<b>Utilización</b>	
Región:	Europe	Región:	Europe
Proceso:	Moldeo por inyección	Utilización durante:	1.0 year
Consumo de electricidad:	1.8E-3 kWh/lbs		
Consumo de gas natural:	0.00 BTU/lbs		
Tasa de desecho:	2.0 %		
Construido para durar:	13 year		
Pieza pintada:	No Paint		
<b>Transporte</b>		<b>Fin de la vida útil</b>	
Distancia en camión:	1900 km	Reciclado:	25 %
Distancia en tren:	0.00 km	Incinerado:	24 %
Distancia en barco:	0.00 km	Vertedero:	51 %
Distancia en avión:	0.00 km		

Tabla 8 - Datos ciclo de vida para PC

Impacto medioambiental (calculado mediante la metodología de evaluación de impacto CML)



Tabla 9 - Resultados de impacto ambiental para PC

3. Conclusión

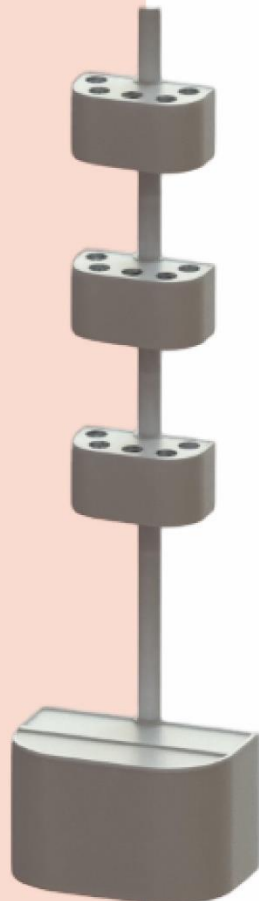
Reuniendo los datos sobre el impacto ambiental que genera cada uno:

	PET	ABS	PC
<b>Huella de carbono</b>	6.8 kg CO <sub>2</sub> e	5.5 kg CO <sub>2</sub> e	9.2 kg CO <sub>2</sub> e
<b>Energía total consumida</b>	150 MJ	110 MJ	170 MJ
<b>Acidificación atmosférica</b>	0.019 kg SO <sub>2</sub> e	0.016 kg SO <sub>2</sub> e	0.016 kg SO <sub>2</sub> e
<b>Eutrofización del agua</b>	2.2E-3 kg PO <sub>4</sub> e	2.4E-3 kg PO <sub>4</sub> e	2.8E-3 kg PO <sub>4</sub> e

Concluimos con que el más sostenible sería el ABS, seguidamente el PET y el menos sostenible con más diferencia sería el PC. Debido a limitaciones funcionales de nuestro producto y otras consideraciones funcionales se ha escogido el plástico PET, obteniendo un equilibrio entre sostenibilidad y funcionalidad.

# PLANOS

Sistema de producción agrícola de autoconsumo para el interior de viviendas



Autora: Celia Gil Delgado  
Tutora: Noelia Marzal Peña  
Universidad de Málaga

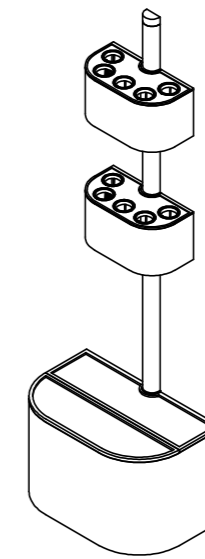
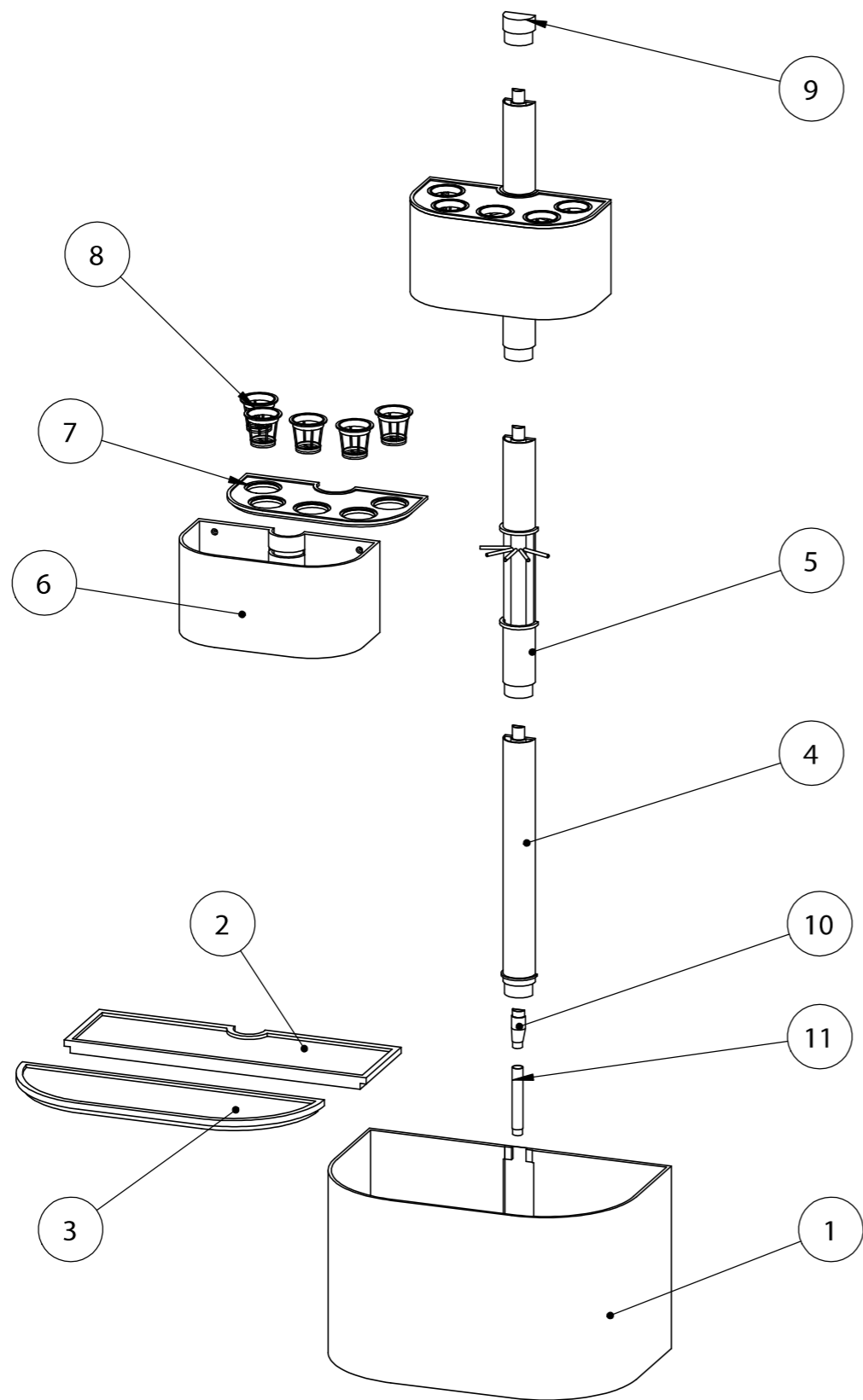


### III. PLANOS

#### ÍNDICE

1. Conjunto
2. Macetero depósito
3. Tapa 1 depósito
4. Tapa 2 depósito
5. Semitubo de unión
6. Semitubo
7. Macetero
8. Tapa
9. Cesta
10. Tapa Semitubo
11. Boquilla bomba
12. Tubo bomba







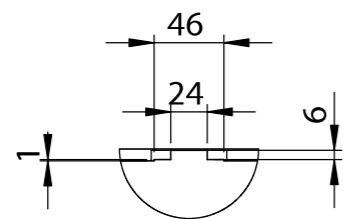
E=1:2

11	12	Tubo bomba	1	Caucho
10	11	Boquilla bomba	1	Caucho
9	10	Tapa semitubo	1/módulo	Caucho
8	9	Cesta	5/módulo	PET
7	8	Tapa	1/módulo	PET
6	7	Macetero	1/módulo	PET
5	6	Semitubo	1/módulo	PET
4	5	Semitubo de unión	1	PET
3	4	Tapa 2 depósito	1	PET
2	3	Tapa 1 depósito	1	PET
1	2	Macetero depósito	1	PET

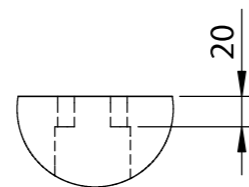
MARCA	Nº PLANO	DENOMINACIÓN	Nº PIEZAS	MATERIALES
-------	----------	--------------	-----------	------------

 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	<b>Universidad de Málaga</b> Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	1		

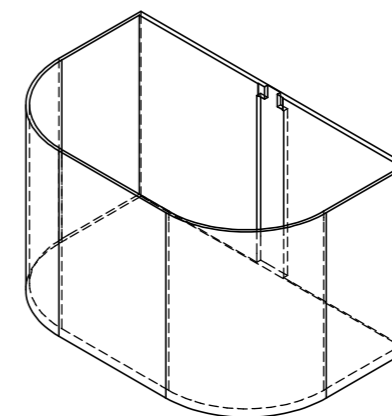
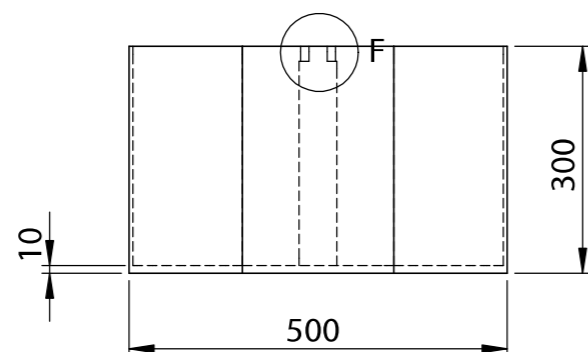
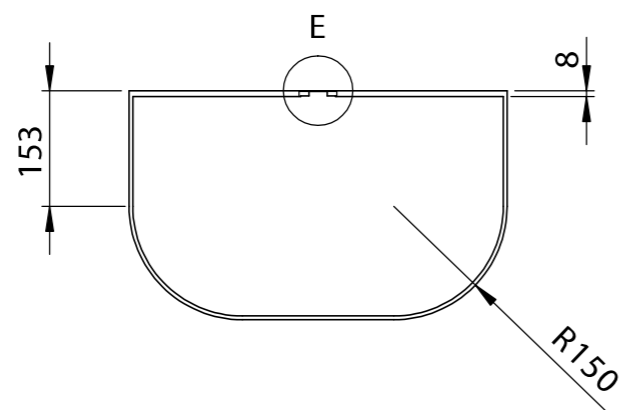
Escala: <b>1:10</b>	<b>Plano de: Vista y Perspectiva de Conjunto</b>	REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm		AUTOR: CELIA GIL DELGADO



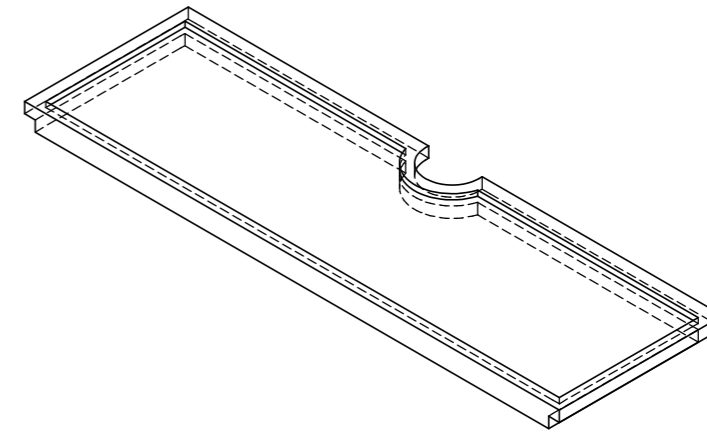
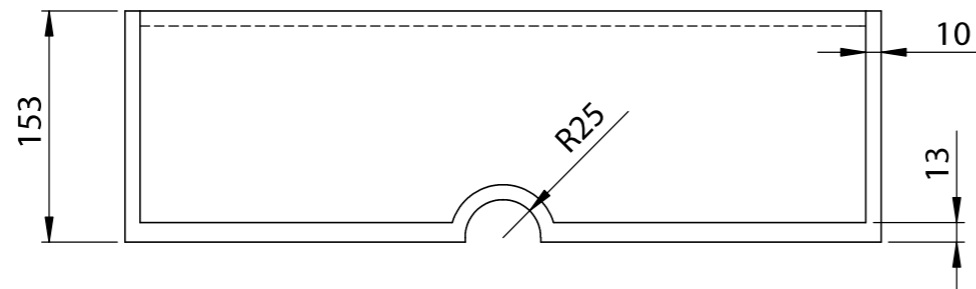
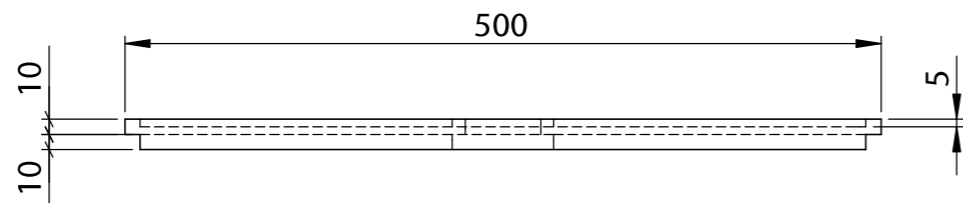
DETALLE E  
ESCALA 1:5



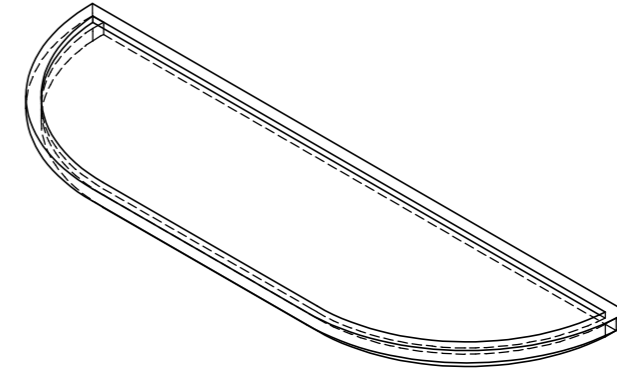
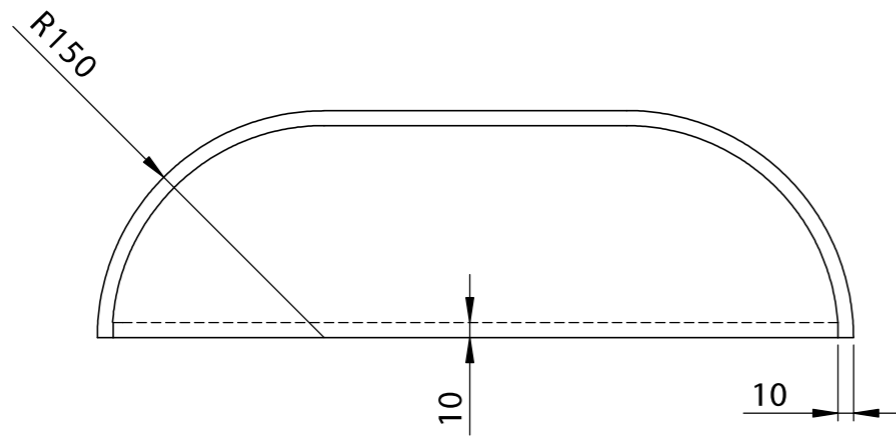
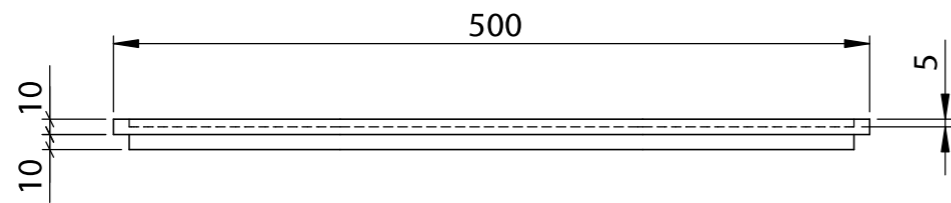
DETALLE F  
ESCALA 1:5



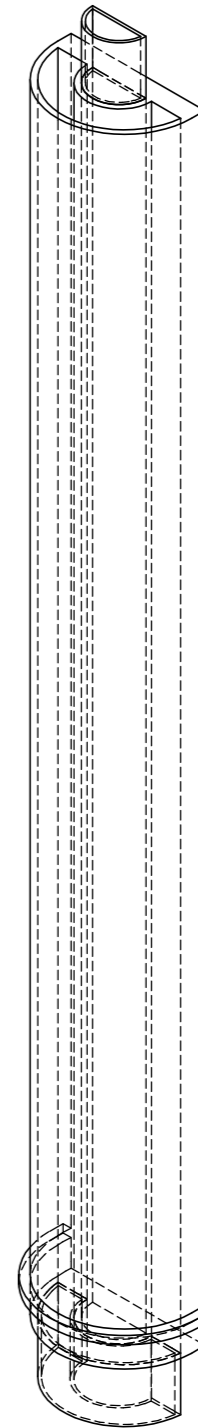
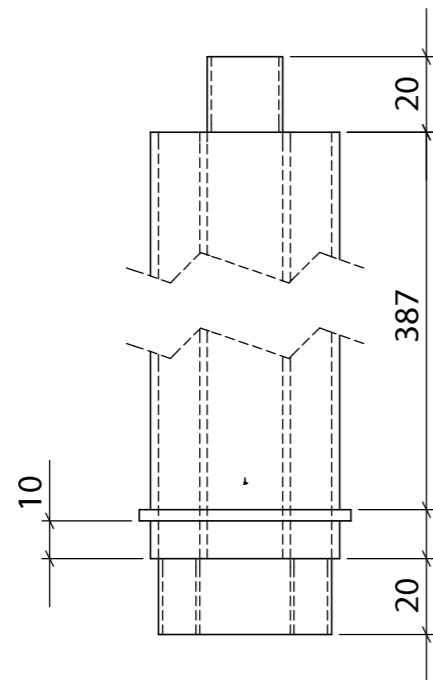
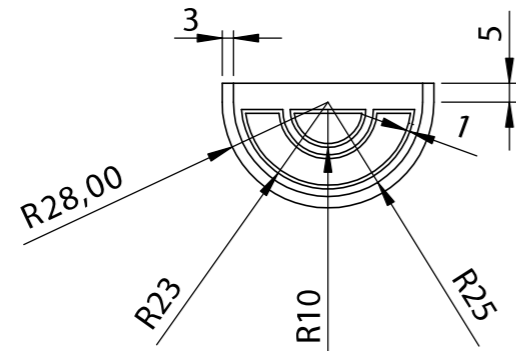
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	2		
Escala: 1:10	Plano de: Vista y Perspectiva de Macetero depósito		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO



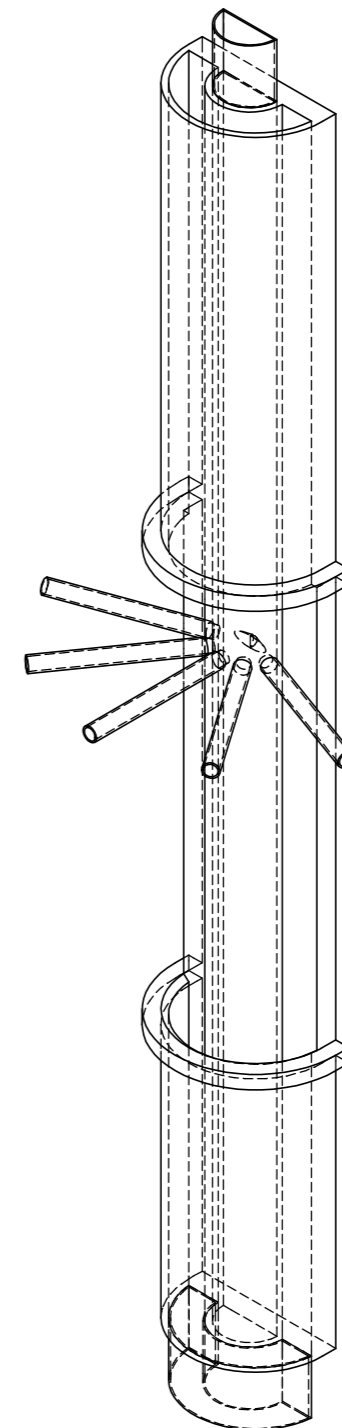
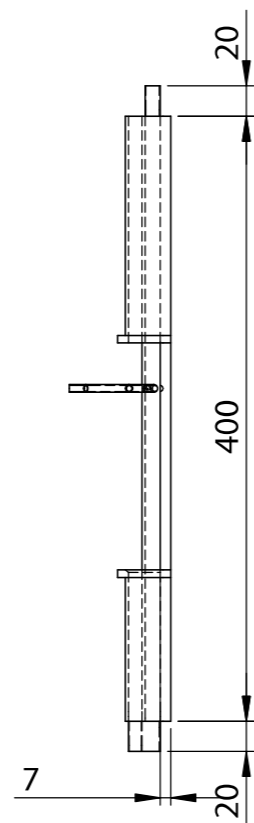
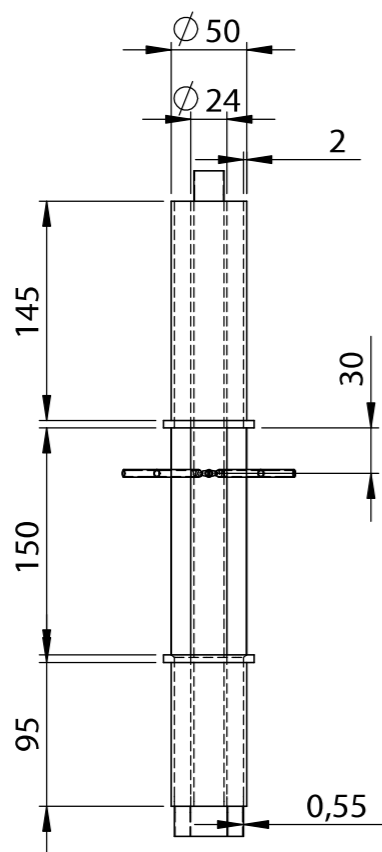
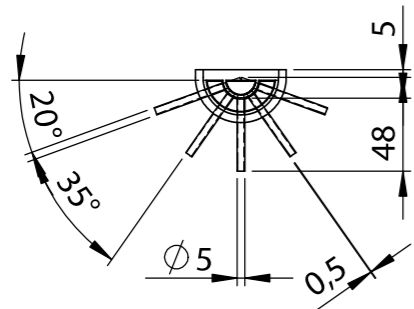
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano N°	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	3		
Escala:	Plano de: Vista y Perspectiva de Tapa 1 depósito		REVISOR:
1:5			NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en:			AUTOR:
mm			CELIA GIL DELGADO



 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	4	<i>Celia Gil Delgado</i>	
Escala: 1:5	<b>Plano de: Vista y Perspectiva de          Tapa 2 depósito</b>		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO

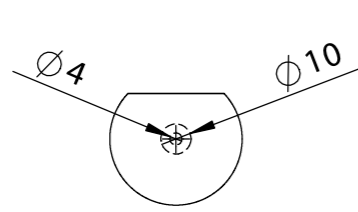


 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano N° <b>5</b>	FIRMA: 	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Escala: <b>1:2</b>	Plano de: Vista y Perspectiva de Semitubo de unión		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO

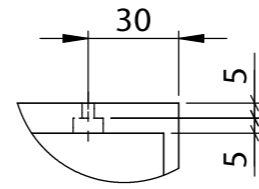


E=1:2

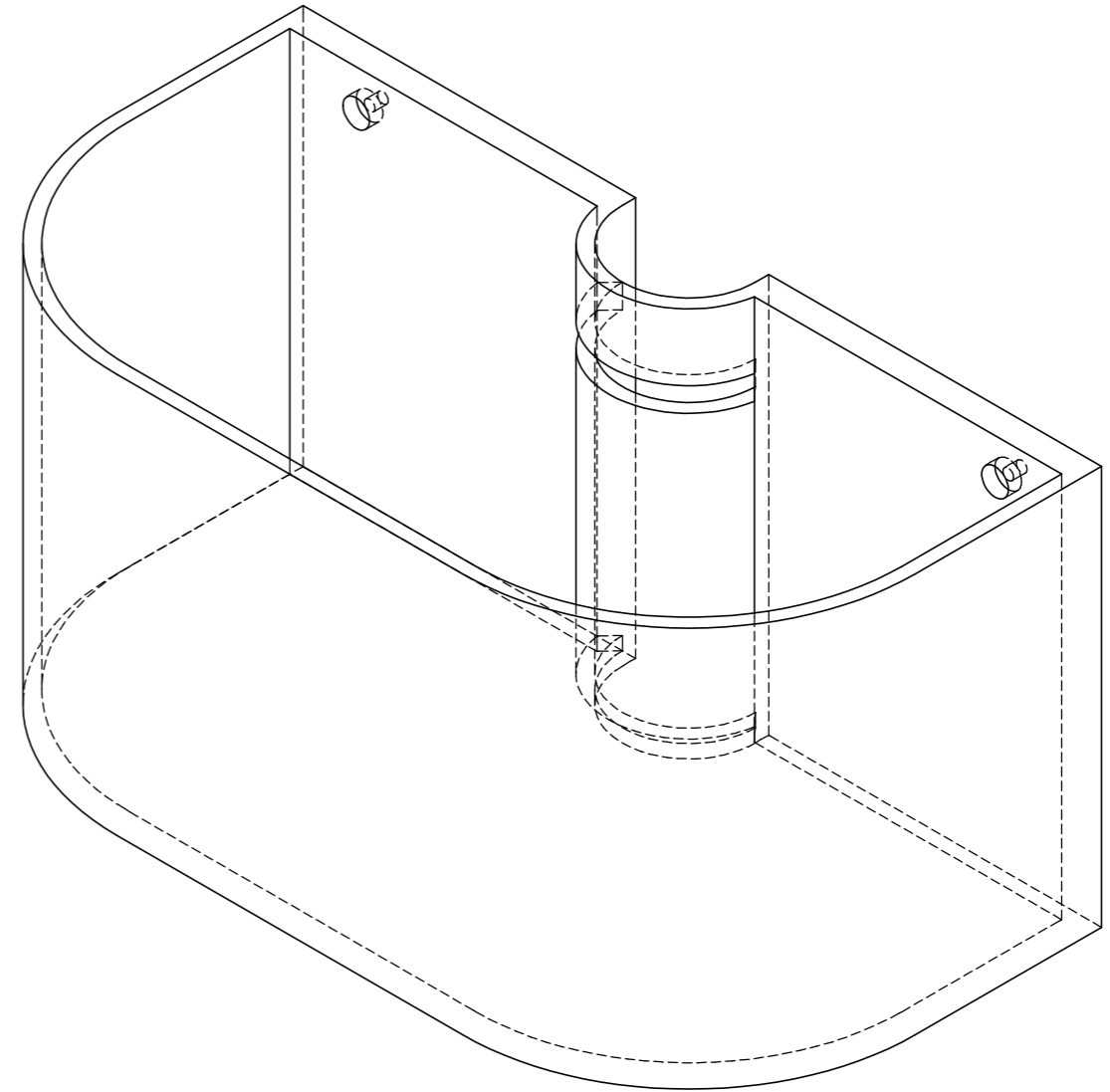
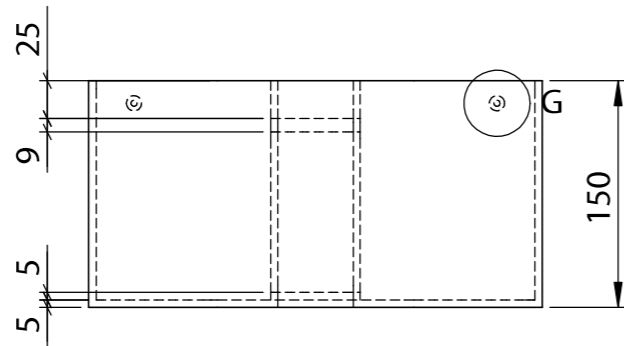
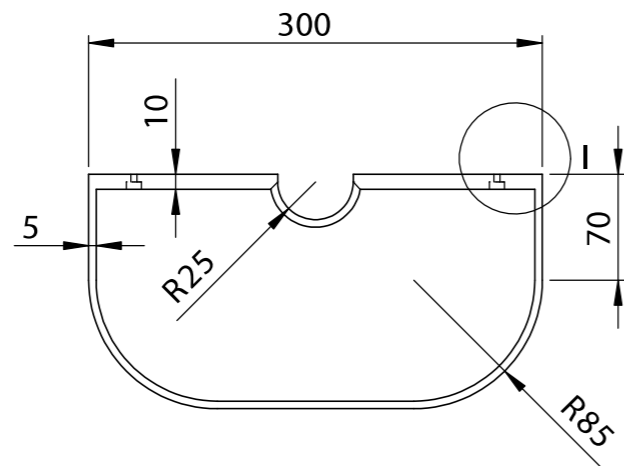
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	6		
Escala:	Plano de: Vista y Perspectiva de Semitubo		REVISOR:
1:5			NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en:			AUTOR:
mm			CELIA GIL DELGADO



DETALLE G  
ESCALA 2:5

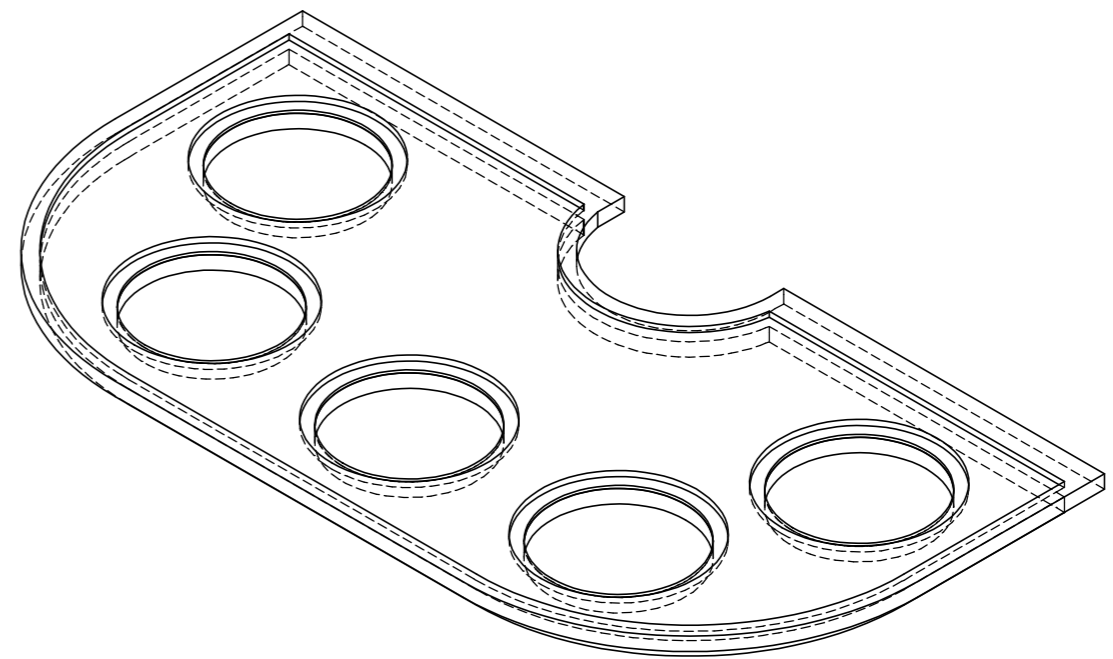
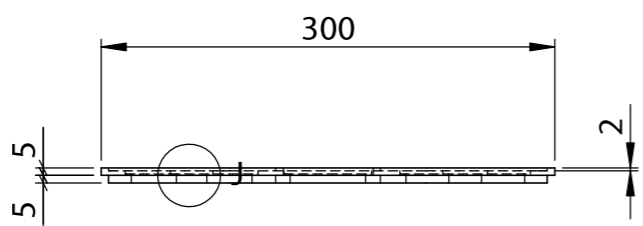
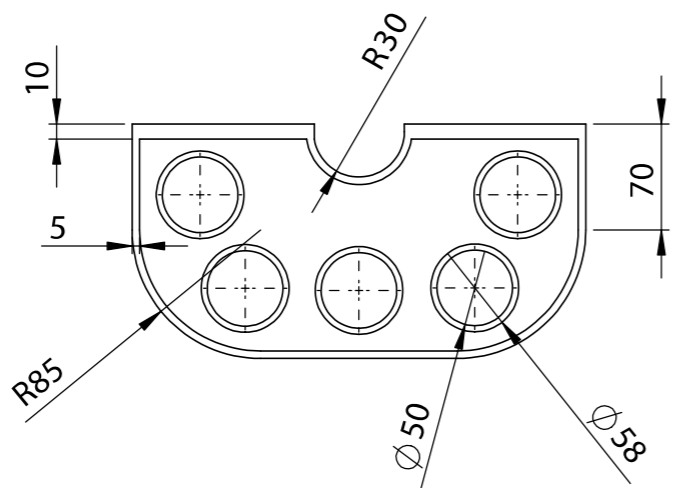
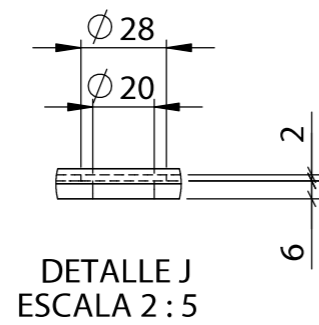


DETALLE I  
ESCALA 2:5



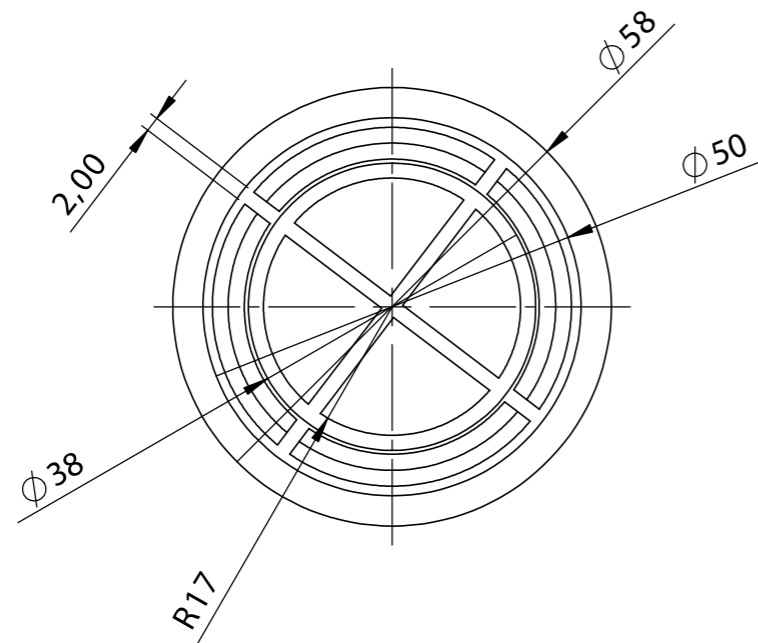
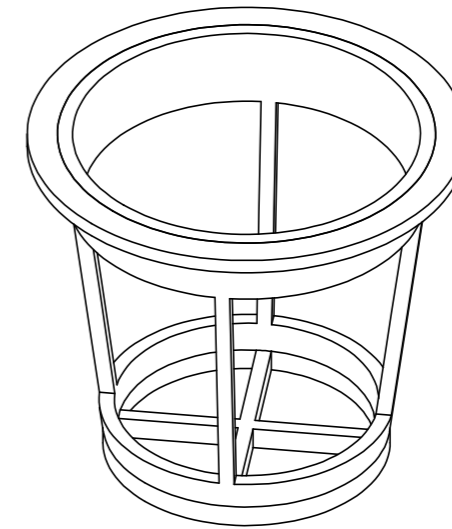
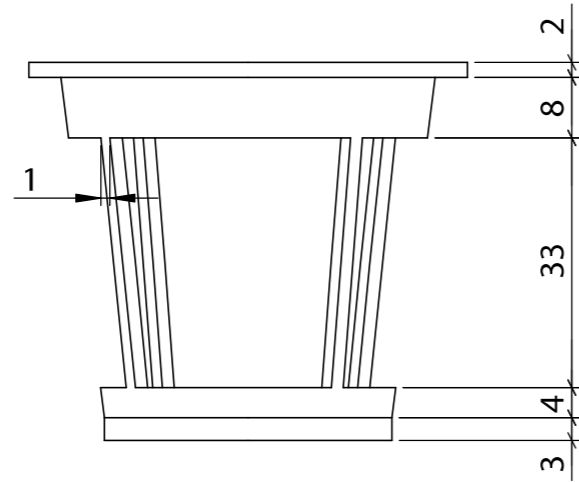
E=1:2

 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	7		
Escala: 1:5	Plano de: Vista y Perspectiva de Macetero		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO

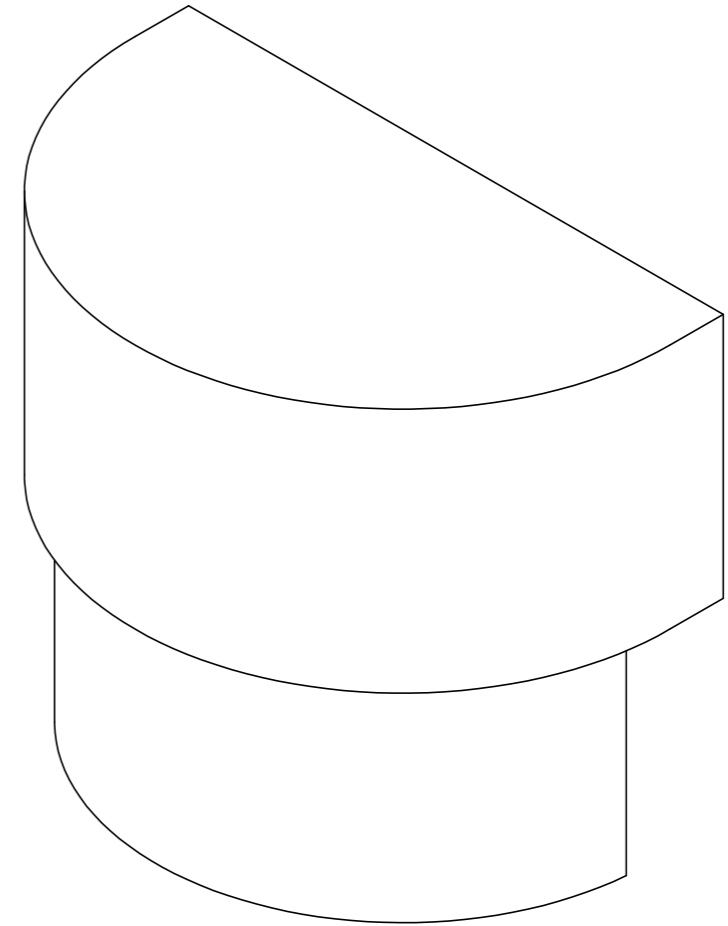
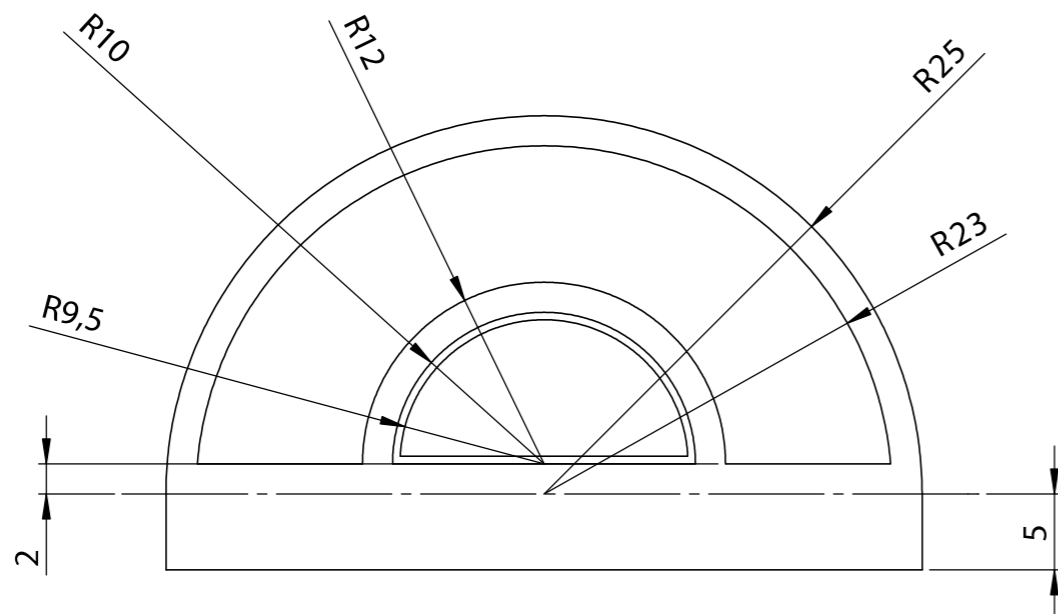
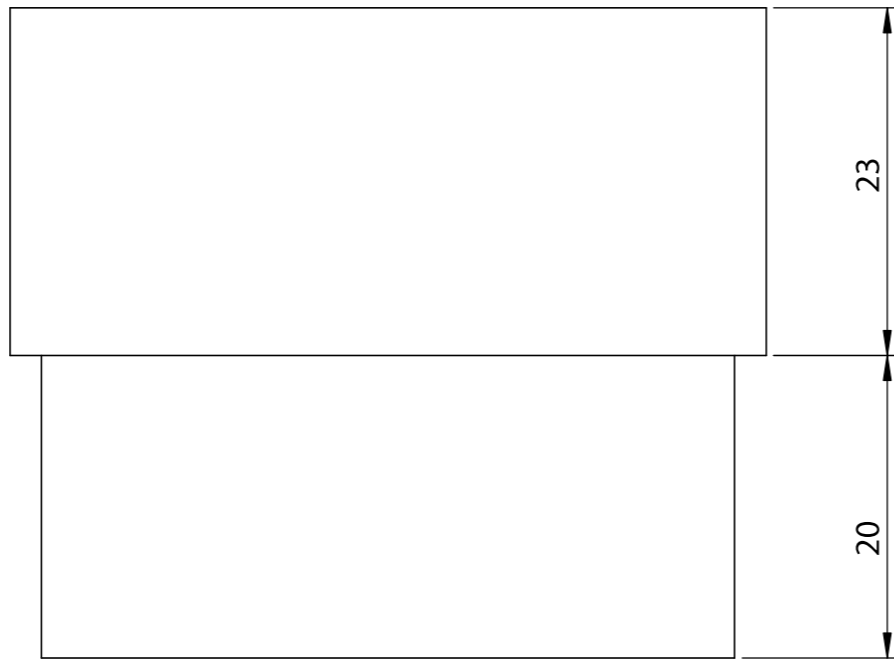


E=1:2

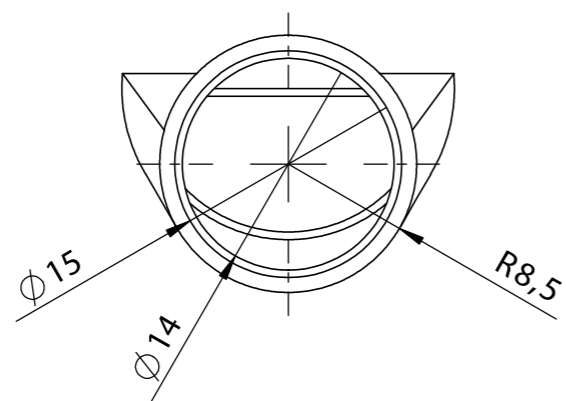
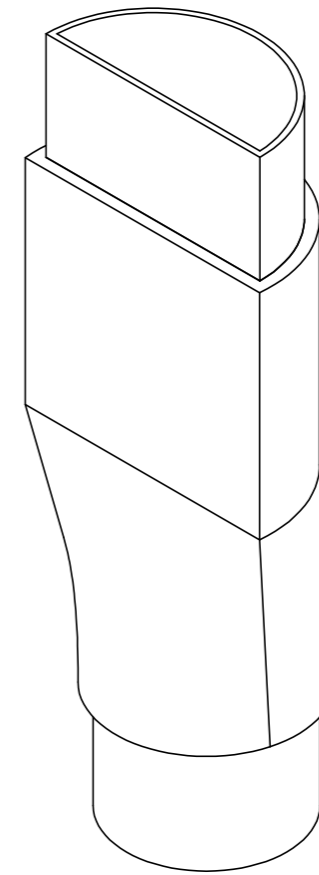
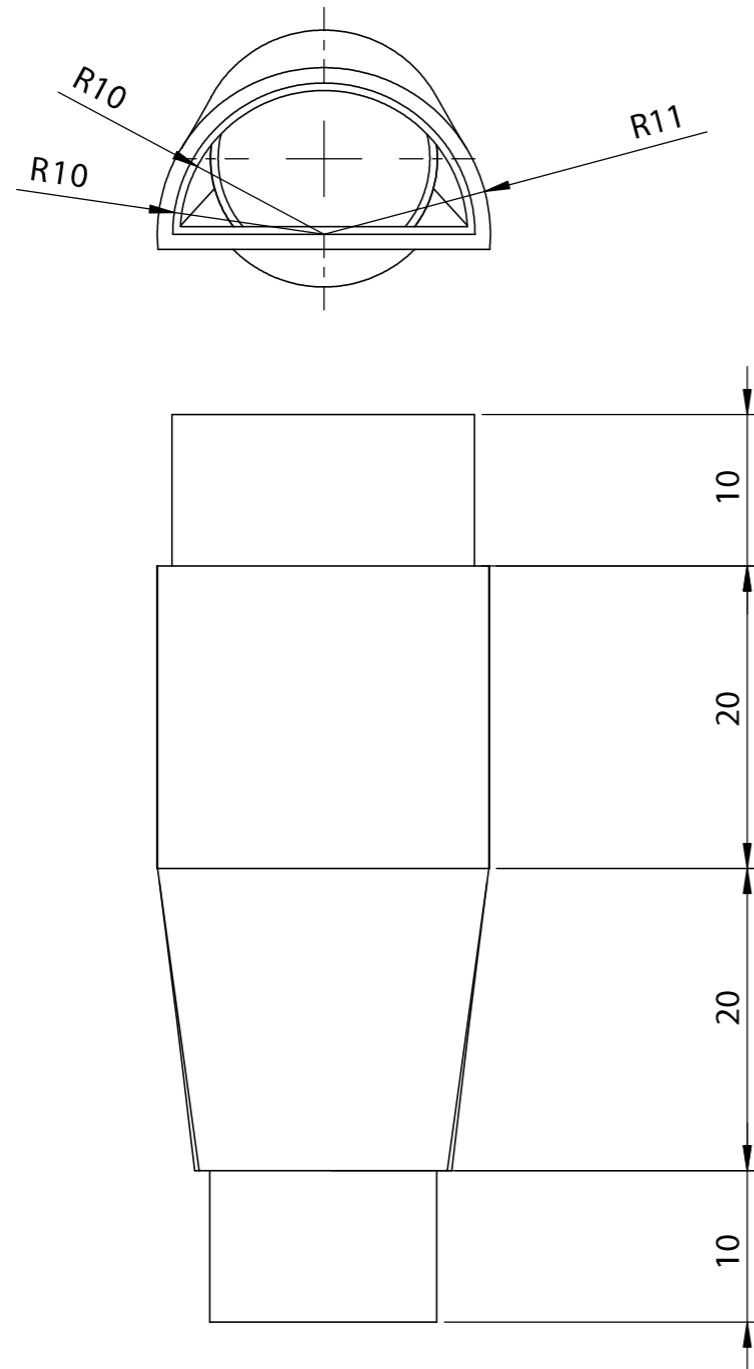
	Plano N° <b>8</b>	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Escala: 1:5	Plano de: Vista y Perspectiva de Tapa		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO



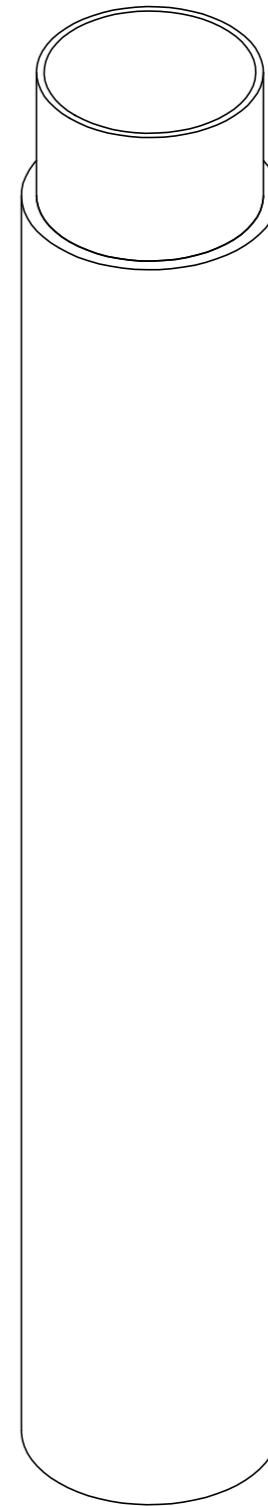
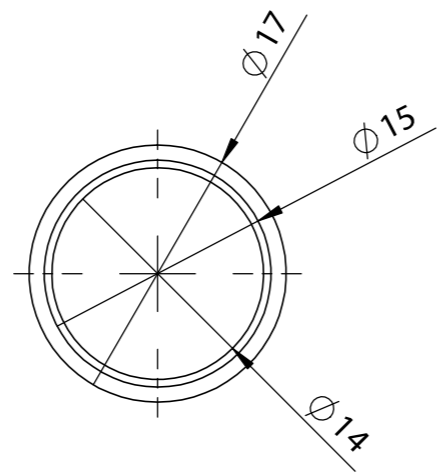
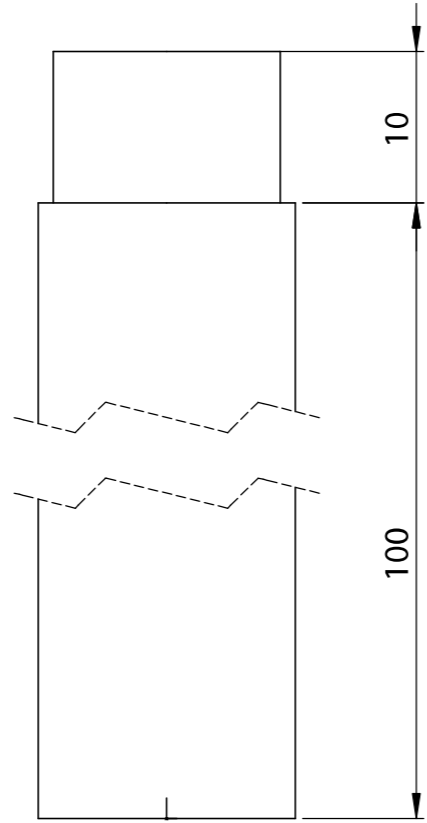
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	9		
Escala:	Plano de: Vista y Perspectiva de Cesta		REVISOR:
1:1			NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en:			AUTOR:
mm			CELIA GIL DELGADO



 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	10		
Escala: 2:1	<b>Plano de: Vista y Perspectiva          de Tapa Semitubo</b>		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO



 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº	FIRMA:	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
	11		
Escala: 2:1	Plano de: Vista y Perspectiva de Boquilla bomba		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: mm			AUTOR: CELIA GIL DELGADO



 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Plano Nº <b>12</b>	FIRMA: 	Universidad de Málaga Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Escala: <b>2:1</b>	<b>Plano de: Vista y Perspectiva de Tubo Bomba</b>		REVISOR: NOELIA MARZAL PEÑA
Cotas en: <b>mm</b>			AUTOR: CELIA GIL DELGADO



# PLIEGO DE CONDICIONES

Sistema de producción agrícola de  
autoconsumo para el interior de  
viviendas



Autora: Celia Gil Delgado  
Tutora: Noelia Marzal Peña  
Universidad de Málaga



## IV. PLIEGO DE CONDICIONES

### ÍNDICE

<b>1. Objeto .....</b>	<b>134</b>
<b>2. Documentos para el proyecto .....</b>	<b>134</b>
3. Especificaciones de los materiales y elementos.....	134
3.1. Piezas fabricadas.....	135
3.2. Elementos de proveedores.....	137
3.3. Proveedores.....	139
<b>4. Calidades mínimas de los materiales .....</b>	<b>139</b>
<b>5. Embalaje .....</b>	<b>141</b>
<b>6. Montaje .....</b>	<b>141</b>
<b>7. Condiciones de uso, funcionamiento y mantenimiento .....</b>	<b>141</b>
7.1. Instrucciones de uso .....	141
Especificaciones técnicas:.....	141
Ilustración producto: .....	141
Instrucciones de funcionamiento: .....	142
7.2. Plan de mantenimiento .....	142
Instrucciones de seguridad:.....	142
Instrucciones de limpieza: .....	142

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustración producto.....	141
--------------------------------------	-----

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Piezas fabricadas .....	135
Tabla 2 – Elementos de proveedores .....	137
Tabla 3 – Proveedores .....	138
Tabla 4 – Datos técnicos PET .....	139
Tabla 5 – Propiedades caucho .....	141



## 1. Objeto

La finalidad de este documento es definir los requisitos y especificaciones en relación a los parámetros técnicos y legislativos que conciernen al proyecto, así como las especificaciones técnicas referentes a los materiales y sistemas de ejecución.

Este documento se establece en relación a la norma UNE 157001:2002: *Criterios generales para la elaboración de proyectos*.

## 2. Documentos para el proyecto

Los documentos que serán incorporados el Contrato como documentos contractuales son:

- Planos
- Mediciones y Presupuesto
- Memoria
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

El resto de documentos que el propietario entregue al fabricante serán solo de índole informativa y no necesariamente contractual.

Aspectos como cubicaciones y mediciones incluidos en el contrato no necesariamente representará con exactitud la realidad.

Datos de la Memoria como procedencia de materiales, condiciones locales, de maquinaria o justificación de precio; serán solo de carácter informativo para el propietario. Esto quiere decir que el propietario podrá tener conocimiento de ellos, pero en ningún modo podrá basarse en cualquier error u omisión en los mismos, como argumento para la obtención de modificaciones o reformados de precios o de ejecución del producto, por parte del fabricante.

## 3. Especificaciones de los materiales y elementos

En este apartado se encuentran todas las piezas y elementos que constituyen el producto. Se encuentran divididos en dos grupos: piezas fabricadas y elementos adquiridos de proveedores.

3.1. Piezas fabricadas

Imagen	Pieza	Nº Piezas	Material	Descripción
	Macetero	1 por módulo	PET	Protege y esconde las raíces de los vegetales.
	Semitubo	1 por módulo	PET	Permite el paso de la solución nutritiva y riego a las raíces. Sirve también de soporte a las luces LED y ofrece la unión de los distintos módulos por encaje.
	Tapa	1 por módulo	PET	Tapa el macetero y deja salir al exterior las hojas y frutas.
	Cesta	5 por módulo	PET	Da soporte al cubo de lana de roca.
	Macetero depósito	1	PET	Contiene la solución nutritiva total y la bomba de agua.
	Tapa 1 depósito	1	PET	Tapa fija del macetero depósito y sirve de soporte para el semitubo de unión.

	Tapa 2 depósito	1	PET	Tapa móvil del macetero depósito.
	Semitubo de unión	1	PET	Sirve de unión entre el depósito y los módulos y permite el paso de la solución nutritiva.
	Boquilla bomba	1	Caucho	Conecta la salida de la bomba a la entrada del semitubo de unión del sistema
	Tubo bomba	1	Caucho	Facilita la conexión de la salida de la bomba a la pieza boquilla bomba
	Tapa semitubo	1	Caucho	Tapa el semitubo del último módulo e impide la salida de la solución nutritiva por la parte superior del sistema

Tabla 1 – Piezas fabricadas

3.2. Elementos de proveedores

Imagen	Pieza	Nº Piezas	Material	Descripción
	Controlador monocolor + mando	1	Plástico	Facilita el control de las Luces LED para el usuario pudiendo establecer hasta 4 zonas distintas
	Fuente de alimentación	1	Acero	Regula el voltaje cedido a las luces LED
	Tira luz LED	1 por módulo	-	Abastece de luz al cultivo cuando es de interior, ya que, carece de luz solar
	Bomba de agua sumergible	1	Plástico	Bombee la solución nutritiva para el continuo reciclaje y riego de esta a los distintos módulos
	Cubos de lana de roca	5 por módulo	Lana de roca	Medio de crecimiento estéril donde se coloca la semilla. Va introducido en la pieza cesta

	<p>Tornillo 3,8x25</p>	<p>2 por módulo</p>	<p>Acero</p>	<p>Elemento de unión para los maceteros a la pared</p>
	<p>Taco 6x30</p>	<p>2 por módulo</p>	<p>Plástico</p>	<p>Elemento de unión para los maceteros a la pared</p>
	<p>Clip de cable</p>	<p>2 por módulo</p>	<p>Plástico</p>	<p>Elemento de sujeción de los cables de las luces LED a lo largo de la pared</p>
	<p>Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 8 mm</p>	<p>1 + 1 por módulo</p>	<p>NBR</p>	<p>Asegura la estanqueidad de la solución nutritiva a lo largo de las uniones de los semitubos</p>
	<p>Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 20 mm</p>	<p>1 + 1 por módulo</p>	<p>NBR</p>	<p>Asegura la estanqueidad de la solución nutritiva a lo largo de las uniones de los semitubos</p>

Tabla 2 – Elementos de proveedores

## 3.3. Proveedores

Proveedor	Pieza / Elemento	Material
Plásticos Benito	Macetero	PET
Plásticos Benito	Semitubo	PET
Plásticos Benito	Tapa	PET
Plásticos Benito	Cesta	PET
Plásticos Benito	Macetero depósito	PET
Plásticos Benito	Tapa 1 depósito	PET
Plásticos Benito	Tapa 2 depósito	PET
Plásticos Benito	Semitubo de unión	PET
Gomas y Cauchos	Boquilla bomba	Caucho
Gomas y Cauchos	Tubo bomba	Caucho
Gomas y Cauchos	Tapa semitubo	Caucho
LED BOX	Controlador monocolor	Plástico
LED BOX	Mando a distancia 4 zonas	Plástico
LED BOX	Fuente de alimentación	Acero
Amazon	Tira luz LED	-
Amazon	Transformador tira LED	Plástico
Amazon	Bomba de agua sumergible	Plástico
Amazon	Cubos de lana de roca	Lana de roca
Big Outlet Tools	Tornillo 3,8x25	Acero
Amazon	Taco 6x30	Plástico
Amazon	Clip de cable	Plástico
Hidraulica Flexible, S.L	Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 8 mm	NBR
Hidraulica Flexible, S.L	Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 20 mm	NBR

Tabla 3 - Proveedores

## 4. Calidades mínimas de los materiales

La mayoría de piezas principales serán fabricadas en PET. Este tiene las siguientes propiedades:

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera
- de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.

- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Biorientable.
- Cristalizable.
- Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
- Buena relación costo / performance.
- Se encuentra ranqueado como N°1 en reciclado.
- Liviano.
- Cuenta con los siguientes datos técnicos:

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-4</sup> / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

Tabla 4 – Datos técnicos PET

Las tres piezas extras serán fabricadas de caucho. Este tiene las siguientes características:

- Excelentes propiedades mecánicas, flexión, tracción y compresión.
- Muy buena resistencia a los ácidos diluidos
- Buena adhesión a tejidos y metales
- Buena deformación por compresión
- Resistencia a la abrasión excelente
- Propiedades físicas y químicas:

Límite de dureza	30 a 90° Shores
Peso específico	1,00 grs./cm <sup>3</sup>
Campo de temperatura	-50 +85° C
Carga de rotura	190 Kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento	700%

Tabla 5 – Propiedades caucho

## 5. Embalaje

El embalaje del producto queda definido en la Memoria (apartado 11.4. *Embalaje*).

## 6. Montaje

El montaje del producto queda definido en la *Memoria* (apartado 11.3 *Ensamblaje y montaje*). Todo montaje que no siga las indicaciones aquí marcadas y provoque un desperfecto en el producto no es responsabilidad de la empresa distribuidora.

## 7. Condiciones de uso, funcionamiento y mantenimiento

### 7.1. Instrucciones de uso

*Especificaciones técnicas:*

- Fuente de alimentación para la bomba de agua: cable enchufado a la corriente
- Máxima potencia para la bomba de agua: 8W
- Fuente de alimentación para las tiras de luz LED: Incluida, conectar a las luces LED y a la corriente.
- Control de bomba de agua: botón encendido/apagado manual
- Control de luz LED: A través del controlador y mando a distancia

*Ilustración producto:*

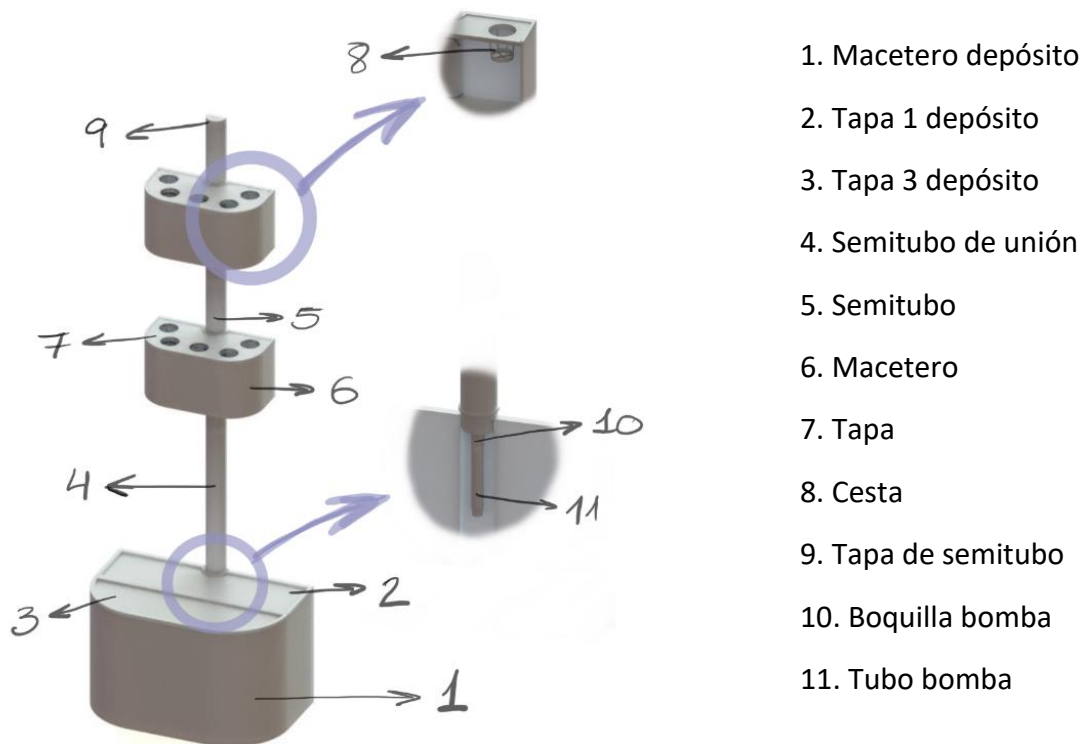


Figura 1. Ilustración producto

*Instrucciones de funcionamiento:*

- El producto puede colocarse en exterior o interior, pero debe de ir fijado a la pared.
- El enchufe de la bomba de agua debe conectarse a la corriente eléctrica.
- Las tiras LED una vez colocadas, deben enchufarse a la fuente de alimentación y esta a su vez conectarla a la corriente eléctrica.
- Encienda y apague la bomba de agua a través del interruptor.
- Encienda, apague y regule las luces LED a través del mando a distancia.

## 7.2. Plan de mantenimiento

*Instrucciones de seguridad:*

- Antes de realizar la limpieza integral del producto desconéctelo de la corriente eléctrica, tanto la bomba de agua, como las tiras de luz LED.
- Una vez desconectados los aparatos electrónicos, retírelos del producto antes de proceder a su limpieza.
- A la hora de desensamblar el sistema para su limpieza u otro empeece desde la parte superior y vaya retirando pieza por pieza de arriba abajo.
- En caso de duda sobre el modo de limpiar el producto, consulte al fabricante.

*Instrucciones de limpieza:*

Para hacer un buen mantenimiento del producto de autocultivo; se recomienda hacer una limpieza semanal con una bayeta seca por la superficie exterior del producto, y una integral donde se desmonte y limpie en profundidad todo el sistema cuando empiece una nueva cosecha.

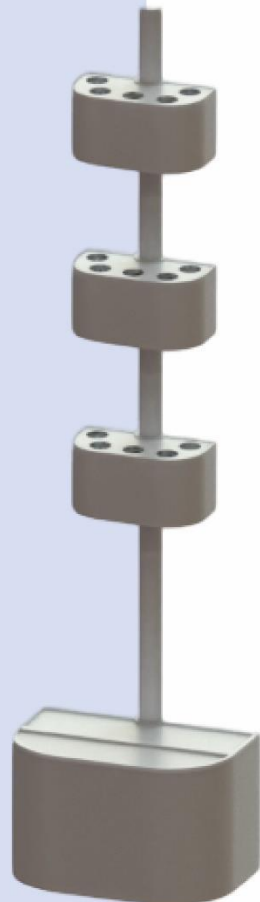
Se recomienda el uso de las tiras LED vendidas con el producto, así como la bomba de agua específica que incluye. Otra marca o modelo podría no tener los requerimientos necesarios de nuestro producto y no funcionar correctamente. Si hay algún deterioro o se rompe alguno de estos, pregunten al propietario cómo conseguir el sustituto exacto.

Por último, se prohíbe el empleo de disolvente, productos ácidos y legía para su mantenimiento, ya que puede provocar grandes desperfectos en el producto.



# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Sistema de producción agrícola de  
autoconsumo para el interior de  
viviendas



Autora: Celia Gil Delgado  
Tutora: Noelia Marzal Peña  
Universidad de Málaga



## V. MEDCIONES Y PRESUPUESTO

### ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>148</b>
<b>2. Mediciones.....</b>	<b>148</b>
<b>3. Presupuesto .....</b>	<b>149</b>
3.1. Cuadro de precio.....	149
3.2. Presupuesto .....	151
3.3. Resumen presupuesto .....	152

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Estado de mediciones .....	148
Tabla 2 – Coste de fabricación pieza .....	149
Tabla 3 – Coste fabricación total .....	149
Tabla 4 – Coste materias primas.....	150
Tabla 5 – Coste elementos proveedores .....	150
Tabla 6 – Coste elementos embalaje.....	150
Tabla 7 – Coste puestos de trabajo .....	151
Tabla 8 – Coste mano de obra indirecta.....	151
Tabla 9 – Coste unitario del producto .....	151
Tabla 10 – Cálculos finales .....	152
Tabla 11 – Resumen presupuesto .....	152



## 1. Introducción

En este documento se realizarán ciertas mediciones de los elementos que configuran el producto para posteriormente concretar el presupuesto total del proyecto.

Debido a que el proyecto se trata de un producto versátil y modular en el que el cliente puede elegir cuántos módulos y si lo requiere para interior o exterior; se creará el presupuesto para una disposición de 2 módulos y de interior.

## 2. Mediciones

En este apartado se definen los elementos que contiene el producto; así como el número de unidades, dimensiones y material de cada uno.

En la siguiente tabla se recogen estos datos tanto de las piezas fabricadas como de los elementos adquiridos a proveedores:

<b>Pieza</b>	<b>Nº Piezas</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Material</b>
Macetero	2	300x150x150	1,4079	PET
Semitubo	2	Ø60x400	0,3	PET
Tapa	2	300x150x15	0,32937	PET
Cesta	10	Ø58x50	0,006	PET
Macetero depósito	1	500x300x300	3,862	PET
Tapa 1 depósito	1	500x150x20	1,107	PET
Tapa 2 depósito	1	500x150x20	0,971	PET
Semitubo de unión	1	Ø56x440	0,228	PET
Boquilla bomba	1	22x17x60	0,003	Caucho
Tubo bomba	1	Ø17x110	0,005	Caucho
Tapa semitubo	1	50x30x43	0,028	Caucho
Controlador monocolor	1	74.5x36x17	-	Plástico
Mando a distancia 4 zonas	1	53x110x20	-	Plástico
Fuente de alimentación	1	100x200x44	-	Acero
Tira luz LED	2	200	-	-
Transformador tira LED	1	147x104x410	-	Plástico
Bomba de agua sumergible	1	124x117x102	-	Plástico
Cubos de lana de roca	10	Ø20x30	-	Lana de roca
Tornillo 3,8x25	4	Ø3,8x25	-	Acero
Taco 6x30	4	Ø6x30	-	Plástico
Clip de cable	4	20.8x10x10	-	Plástico
Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 8 mm	3	Ø8x2	-	NBR
Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 20 mm	3	Ø20x2	-	NBR

Tabla 1 – Estado de mediciones

### 3. Presupuesto

#### 3.1. Cuadro de precio

Antes de obtener los costes unitarios por productos se han de realizar unos cálculos sobre los costes de fabricación y de embalaje, el cual contempla mano de obra, material y puesto de trabajo.

##### 3.1.1. Costes de fabricación

En primer lugar, se abstraen las unidades más elementales que componen el producto para realizar un estudio más preciso de los precios. Se ha de tener en cuenta que los precios de algunos objetos son aproximados. El coste de fabricación correspondiente a cada unidad de obra se constituye por los costes directos.

Los costes directos están relacionados directamente con la cantidad de producción. Se componen por:

- Coste de mano de obra directa
- Coste de material en fábrica
- Coste del puesto de trabajo

##### 3.1.1.1. Coste de mano de obra directa

El coste de mano de obra agrupa los gastos generados por el operario que interviene en el desarrollo del producto. A estos gastos, se le ha de incluir los honorarios del operario y los pagos a la seguridad social.

- El coste de la mano de obra orientativo para un operario de taller es de 25€/h.
- Tiempo invertido total: 12 min/pieza, lo que equivale a 0,2 h/pieza. Se dispone de 20 piezas de PET y 3 piezas de caucho, resultando un total de 23 piezas.
- La base de cotización para un Ingeniero Técnico es de 4,07€/h.

Por lo que el coste de mano de obra = 0,2 horas x 25€/h = 5€ en concepto de honorario por operario por pieza fabricada.

Total de pagos de Seguridad Social = 0,2 horas x 4,07€/hora = 0,81€ en concepto de pago a la Seguridad Social.

<b>Coste mano de obra directa fabricación 1 pieza</b>
$5€ + 0,81€ = 5,81€/pieza$

*Tabla 2 – Coste de fabricación pieza*

<b>Coste mano de obra directa fabricación total</b>
$5,81€/pieza \times 23 \text{ piezas} = 133,63 €$

*Tabla 3 – Coste fabricación total*

## 3.1.1.2. Coste de material en fábrica

En la siguiente tabla se recogen los materiales que se requieren para la fabricación de las piezas que componen el producto:

Material	Cantidad (kg)	Descripción	€/m2 o €/Kg	IMPORTE (€)
PET	8,211	Plástico fuerte, flexible y 100% reciclable	1€/Kg	8,211€
Caucho	0,036	Polímero con propiedades elásticas producido sintéticamente	1,49€/Kg	0,054€
<b>Total coste materia prima</b>				<b>8,265€</b>

Tabla 4 – Coste materias primas

En esta otra se recogen los elementos adquiridos a proveedores:

Elemento	Cantidad	Precio unitario	Importe (€)
Controlador monocolor + Mando a distancia 4 zonas	1	19,95€	19,95
Fuente de alimentación	1	11,95€	11,95
Tira luz LED	2 x 200mm	18,99€/5m	1,52
Transformador tira LED	1	13,98€	13,98
Bomba de agua sumergible	1	21,99€	21,99
Cubos de lana de roca	10	17,99€/50uds	3,6
Tornillo 3,8x25	4	24,95€/2000uds	0,05
Taco 6x30	4	31,99€/750uds	0,17
Clip de cable	4	14,99€/60uds	1
Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 8 mm	3	0,15€	0,45
Junta tórica grosor 2 mm, diámetro 20 mm	3	0,15€	0,45
<b>Total coste de elementos de proveedores</b>			<b>75,11€</b>

Tabla 5 – Coste elementos proveedores

En esta última se recogen los elementos necesarios para el embalaje:

Elemento	Cantidad	Precio unitario	Importe (€)
Cartón corrugado	1700x850x150 mm	6,8€/ud	13,6€
Film alveolar	5m	3,725€/5m	3,725€
Bolsa plástico	2	10€/1000uds	0,02€
<b>Total coste elementos de embalaje</b>			<b>17,345€</b>

Tabla 6 – Coste elementos embalaje

## 3.1.1.2. Coste del puesto de trabajo

Finalmente se recopilan los procesos de fabricación que se han llevado a cabo con su respectivo coste:

Maquina	Tiempo	Precio unitario	Coste (€)
Moldeo por inyección	1,2h	35€	42€
Acabado	0,5h	25€	12,5€
Embalaje	0,3h	15€	4,5€
<b>Total coste puesto de trabajo</b>			<b>59€</b>

Tabla 7 – Coste puestos de trabajo

## 3.2. Presupuesto

## 3.2.1. Coste de mano de obra indirecta

La mano de obra indirecta se refiere a las labores comerciales, limpieza de instalaciones, mantenimiento de las mismas, etc. Al tratarse de un cálculo complicado no puede obtenerse con exactitud, por lo que se calcula según un porcentaje del coste de la mano de obra directa, un 7% de la misma.

Coste de mano de obra indirecta
133,63€/producto x 0,07 = 9,354 €/producto

Tabla 8 – Coste mano de obra indirecta

## 3.2.2. Coste unitario del producto

Se calcula el coste unitario del producto con los costes totales obtenidos en los apartados anteriores:

Tipo de coste	Coste
Coste de mano de obra directa	133,63€
Coste de mano de obra indirecta	9,354€
Coste de materia prima	8,265€
Coste de elementos de proveedores	75,11€
Coste de elementos de embalaje	17,345€
Coste de puesto de trabajo	59€
<b>Total coste unitario</b>	<b>302,704€</b>

Tabla 9 – Coste unitario del producto

*3.2.3. Gastos generales y beneficio industrial*

A los costes totales se le añade un incremento del 17% de gastos generales y un 6% de beneficios industriales, para redondear el precio final – una vez añadido el IVA correspondiente al 21% - se ajusta un incremento arbitrario para conseguir un precio más atractivo.

<b>Precio con gastos generales y beneficio industrial</b>
$302,704\text{€} + (0,17 \times 302,704\text{€}) + (0,06 \times 302,704\text{€}) = 372,33 \text{ €/producto}$
<b>PVP final</b>
$372,33 \text{ €/producto} + 372,33 \text{ €/producto} \times 0,21 + \text{Redondeo} = 451 \text{ €}$

*Tabla 10 – Cálculos finales*

Se queda un precio final de 451 €/producto, para una disposición de dos módulos de interior. El precio cambiaría si se elige más o menos módulos y se reduciría en el caso de que fuese para exterior.

**3.3. Resumen presupuesto**

<b>RESUMEN PRESUPUESTO</b>	
Coste de mano de obra directa	133,63€
Coste de mano de obra indirecta	9,35€
Coste de materia prima	8,26€
Coste de elementos de proveedores	75,11€
Coste de elementos de embalaje	17,34€
Coste de puesto de trabajo	59€
Precio con gastos generales (5%) y beneficio industrial (6%)	372,33€
PVP FINAL (sin IVA)	372,33€
PVP FINAL (con IVA) (21%)	451€

*Tabla 11 – Resumen presupuesto*

