

Diseño de un sistema para el cultivo intensivo, enfocado en la producción de alimentos en el espacio exterior

Juliana Nayive Rojas García

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Metalúrgica

Director

Sergio Ismael Blanco Vásquez

PhD. En Ingeniería

Codirector

Israel Garnica Bohórquez

Magister en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia De Materiales

Bucaramanga

2023

### **Dedicatoria**

Este proyecto está dedicado a:

Mis padres, Irma e Israel, quienes con todo su amor y paciencia guían mi vida personal y académica, creen en mí y me dan días de felicidad, por mantenerme siempre en sus oraciones y enseñarme que el camino de Dios siempre es el adecuado.

A mis hermanas mayores, Johanna y Laura, por estar siempre presentes, por llenar mi vida de amor y por ser mi ejemplo a seguir más cercano.

Finalmente, a mi hermana menor, Briyith, quien es mi polo a tierra, y quien ha visto más de cerca cada paso de mi vida.

### **Agradecimientos**

Quiero brindar mi gratitud a la Universidad Industrial de Santander, por permitirme ser parte de ella y formarme profesionalmente en tan respetada institución.

A todo el personal docente y técnicos de laboratorio de la escuela de ingeniería metalúrgica, quienes brindan todo su conocimiento y apoyo para el crecimiento académico de cada estudiante.

Finalmente, a mis docentes directores de proyecto, Sergio Ismael Blanco Vásquez e Israel Garnica Bohórquez, por su guía, apoyo y confianza en el desarrollo de este proyecto.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Fundamentación teórica .....	15
2.1 Agricultura vertical (Vertical Farming) .....	15
2.2 Cultivos en ambientes controlados .....	15
2.3 Sistema de soporte de vida y control ambiental.....	16
2.4 Estación espacial internacional (ISS).....	17
2.5 Sistema de producción vegetal (Veggie) .....	17
3. Diseño ingenieril aplicado al cultivo intensivo de alimentos .....	18
3.1 Selección y clasificación de alimentos .....	19
3.1.1 Dieta saludable para tripulantes .....	19
3.1.2 Producción de alimentos .....	21
3.1.2.1 Temperatura. ....	22
3.1.2.2 Atmosfera.....	23
3.1.2.3 Iluminación. ....	23
3.1.2.4 Agua.....	23
3.2 Diseño de sistema, componentes y piezas .....	24
3.2.1 Dimensiones.....	24

3.2.2 Piezas .....	25
3.2.2.1 Almohadas. ....	25
3.2.2.2 Base para las almohadas. ....	26
3.2.2.3 Repisas. ....	26
3.2.2.4 Contenedor. ....	27
3.2.2.5 Conexiones. ....	28
3.2.2.6 Luces LED, controladores de CO2 y humedad. ....	28
3.2.2.7 Tanques de almacenamiento. ....	29
3.2.2.8 Sistema de cultivo. ....	29
3.3 Materiales y Procesos De Fabricación .....	30
3.3.1 Selección de materiales .....	30
3.3.2 Selección de procesos de fabricación y conformado .....	38
3.3.3 Huella de CO2.....	40
4. Conclusiones .....	43
5. Recomendaciones .....	44
Referencias Bibliográficas .....	45
Apéndices.....	50

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Sistemas de producción vegetal.....	16
Tabla 2 Cantidad de cada vegetal necesaria para la preparación de las ensaladas. ....	20
Tabla 3 Valor nutricional de cada vegetal .....	20
Tabla 4 Valores nutricionales para la ensalada 1 para una persona.....	21
Tabla 5 Valores nutricionales para la ensalada 2 para una persona.....	21
Tabla 6 Valores nutricionales para la ensalada 3 Para una persona. ....	21
Tabla 7 Factores importantes para el cultivo de vegetales .....	22
Tabla 8 Dimensiones típicas del espacio requerido para la plantación de los vegetales considerados en el proyecto.....	24
Tabla 9 Dimensiones del sistema.....	25
Tabla 10 Peso y fuerza que soportan las repisas con sus respectivas plantaciones .....	31
Tabla 11 Propiedades correspondientes a los cinco materiales filtrados en el software EduPack .....	36
Tabla 12 Clasificación de materiales .....	37
Tabla 13 Procesos de fabricación y conformados seleccionados del software EduPack. ....	39
Tabla 14 Aplicación de los procesos seleccionados en distintas piezas del sistema. ....	39
Tabla 15 Valores nutricionales de los vegetales seleccionados.....	50
Tabla 16 Valores nutricionales para la ensalada 1 para ocho tripulantes .....	50
Tabla 17 Valores nutricionales para la ensalada 2 para ocho tripulantes .....	50
Tabla 18 Valores nutricionales para la ensalada 3 para ocho tripulantes .....	51

Tabla 19 Valores nutricionales para la ensalada 1 durante un mes para ocho tripulantes	51
Tabla 20 Valores nutricionales para la ensalada 2 durante un mes para ocho tripulantes	51
Tabla 21 Valores nutricionales para la ensalada 3 durante un mes para ocho tripulantes	52
Tabla 22 Porción personal de alimentos en cada ensalada. ....	52
Tabla 23 Porción de alimentos en cada ensalada para ocho tripulantes. ....	52
Tabla 24 Alimentos necesarios para las tres ensaladas durante un mes. ....	53
Tabla 25 Plantas necesarias para cultivar alimentos para ocho tripulantes en un mes. ....	53
Tabla 26 Dimensionamiento general de las piezas generales del sistema. ....	54
Tabla 27 Despiece del sistema .....	55

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Almohadas .....	26
Figura 2 Base para almohadas .....	26
Figura 3 Ejemplo de una de las repisas diseñadas para el sistema .....	27
Figura 4 Contenedor solo con las divisiones de las secciones y las bases para las repisas. .....	28
Figura 5 Luces LED, sensores de CO2 y humedad conectados al Arduino. ....	29
Figura 6 Tanques de almacenamiento de agua y CO2.....	29
Figura 7 Sistema de cultivo intensivo completo .....	30
Figura 8 Deformación de la repisa para zanahorias.....	31
Figura 9 Grupos de materiales proporcionados por el software EduPack. ....	32
Figura 10 Propiedades limitantes usadas como filtros en la búsqueda y selección de materiales, basadas en el material de referencia. ....	33
Figura 11 Cinco materiales filtrados en el software EduPack .....	34
Figura 12 Deformación de la repisa para el aluminio 6005A T6 .....	34
Figura 13 Deformación de la repisa para el aluminio 6061 T6 .....	35
Figura 14 Deformación de la repisa para el aluminio 6082 T6 .....	35
Figura 15 Deformación de la repisa para el acero inoxidable AISI 403.....	35
Figura 16 Deformación de la repisa para el acero inoxidable AISI 410.....	36
Figura 17 Ejemplo de búsqueda en software EduPack para piezas con materiales conocidos. .....	37

Figura 18 Ejemplo de búsqueda de procesos en el software EduPack .....	38
Figura 19 Matriz de información a suministrar para el desarrollo de un estudio de Eco Audit .....	41
Figura 20 Piezas y materiales usados en el estudio Eco Audit .....	41
Figura 21 Gráfica de huella de CO <sub>2</sub> producida por el sistema .....	42
Figura 22 Gráfica de energía consumida por el sistema .....	42

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Valores nutricionales de los alimentos seleccionados. ....	50
Apéndice B. Cálculos de dimensiones y cantidad de plantas a cultivar. ....	52
Apéndice C. Despiece total del sistema (piezas 3D) .....	54
Apéndice D. Planos 2D del sistema. ....	61
Apéndice E. Fichas técnicas de materiales obtenidos en el software EduPack. ....	89
Apéndice F. Fichas técnicas de procesos obtenidos en el software EduPack. ....	103
Apéndice G. Informe Eco Audit. ....	111

## Resumen

**Título:** Diseño de un sistema para el cultivo intensivo, enfocado en la producción de alimentos en el espacio exterior \*

**Autor:** Juliana Nayive Rojas García \*\*

**Palabras Clave:** Cultivo intensivo, selección de materiales, huella ambiental, CO<sub>2</sub>.

**Descripción:** En el presente proyecto se realizó el diseño de un sistema de cultivo intensivo el cual sea adecuado para la producción de alimentos en el espacio exterior, pensando en la futura misión a marte y el proporcionar alimentos saludables a la tripulación durante el tiempo de viaje. Esto se refiere a que los cultivos no tendrán los factores comunes de iluminación, humedad, atmosfera y nutrientes necesarios para su crecimiento, por lo contrario, serán suministrados por el sistema de cultivo. Adicionalmente, el sistema busca recolectar los gases expulsados en el ánodo por la celda de electrólisis alcalina de agua (CO<sub>2</sub>), esto debido a que se plantea la electrooxidación de urea residual, y usarlos como la atmósfera necesaria para el crecimiento de los cultivos, en pocas palabras se busca la inyección de CO<sub>2</sub> en el sistema. Para esto se realizó una intensa consulta bibliográfica sobre cuales sería los posibles alimentos para cultivar, cuales serían los factores necesarios para que estos cultivos se dieran en las mejores condiciones, la cantidad de personas que se maneja alimentar y las dimensiones adecuadas para el sistema. Seguido a esto se realizó el diseño del sistema mediante el software de Autodesk, Fusion 360, con ayuda también de software como tinkerCAD y wokwi. Para finalizar, se realizó la selección de materiales, procesos de fabricación y huella ambiental mediante el software EduPack. Obteniendo así un sistema de cultivo intensivo basado en un menú de ensaladas pensado en la alimentación de los tripulantes y el cual consta de más de 500 piezas con materiales como aleaciones de aluminio y aceros inoxidable, entre otros.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería metalúrgica y ciencia de materiales. Director: Sergio Ismael Blanco Vásquez. PhD. En Ingeniería. Codirector: Israel Garnica Bohórquez. Magister en Ingeniería Industrial.

### Abstract

**Title:** Design of a system for intensive cultivation focused on food production in outer space \*

**Author:** Juliana Nayive Rojas García \*\*

**Key Words:** Intensive cultivation, material selection, environmental footprint, CO<sub>2</sub>.

**Description:** In the present project, the design of an intensive cultivation system suitable for food production in outer space was conducted, thinking about the future mission to Mars and providing healthy food to the crew during the travel time. This means that the crops will not have the common factors of lighting, humidity, atmosphere, and nutrients needed for growth, but will instead be supplied by the growing system. Additionally, the system seeks to collect the gases expelled in the anode by the alkaline water electrolysis cell (CO<sub>2</sub>), this because the electrooxidation of residual urea is proposed, and use them as the necessary atmosphere for the growth of the crops, in short, the injection of CO<sub>2</sub> into the system is sought. For this, an intense bibliographic consultation was conducted on which would be the possible foods to cultivate, which would be the necessary factors for these crops to grow in the best conditions, the amount of people to be fed and the adequate dimensions for the system. After this, the system was designed using Autodesk software, Fusion 360, with the help of software such as tinkerCAD and wokwi. Finally, the material selection, manufacturing processes and environmental footprint was conducted using EduPack software. The result was an intensive cultivation system based on a salad menu designed to feed the crew members, consisting of more than 500 pieces made of materials such as aluminum alloys and stainless steel, among others.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering. School of Metallurgical Engineering and Materials Science. Director: Sergio Ismael Blanco Vásquez. PhD. in Engineering. Codirector: Israel Garnica Bohórquez. Máster in Industrial Engineering.

## Introducción

Gracias al avance tecnológico, el ser humano ha alcanzado grandes metas como ha sido la exploración espacial, la cual dio inicio en los años 50 del siglo pasado. El primer viaje tripulado ocurrió en 1957 donde la perra Laika orbitó alrededor de la tierra, en 1961 fue el primer viaje tripulado por humanos, con el ruso Yuri Gagarin, seguido a este, fue posible el viaje a la luna en 1969 con Neil Armstrong. Debido a esto, fue posible para el hombre realizar distintas misiones, como lo serían las misiones a Marte. La primera misión exitosa a Marte fue en 1964, realizada por la NASA, esta misión solo logró pasar cerca de Marte y obtener una serie de fotografías, sin embargo, hubo una misión en específico que hizo popular la exploración a Marte y esta fue la realizada en las naves gemelas Viking por los años 70, las cuales consiguieron obtener las primeras imágenes detalladas del 97% de Marte. Pero la misión que logró llegar a Marte y estudiar la superficie del planeta fue Mars Global Surveyor, entre 1996 y 1997, no obstante, existieron varias misiones que no se lograron completar y que llevaron a conocer al planeta como “Demonio Marte”. A pesar de esto, el interés por seguir conociendo este planeta llevó a ideas más grandes como lo es la misión tripulada a Marte propuesta por SpaceX, se planea realizar esta misión con la nave Starship y tomará alrededor de seis meses para llegar al destino. Entre los diferentes retos que plantea esta misión se encuentran: el manejo de residuos, la generación de energía y la alimentación de la tripulación. Un factor importante en el cultivo de estos alimentos se encuentra en el uso eficiente de recursos como el agua y la energía, asimismo que estos alimentos brinden un menú fácil de preparar y variado para la tripulación. Por ello, en el presente proyecto se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible diseñar un sistema de ambiente controlado para la producción de alimentos, el cual funcione utilizando los gases residuales provenientes de una celda de producción de hidrógeno basada en la electrooxidación de urea?

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema para el cultivo intensivo de alimentos en ambientes controlados, el cual utilice los gases residuales de una celda de producción de hidrógeno basada en la electrooxidación de urea.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Investigar sobre la misión a marte, factores para tener en cuenta en la generación de energía, producción de alimentos y procesamiento de los residuos durante el tiempo de la misión.

Diseñar el sistema para el cultivo intensivo de alimentos en base a las condiciones y necesidades de los cultivos a realizar.

Seleccionar los materiales y procesos de fabricación para la producción del sistema considerando el impacto ambiental.

## **2. Fundamentación teórica**

A fin del posible desarrollo del proyecto, es necesaria de una ardua investigación relacionada a las condiciones necesarias, la cual funciona como base teórica en la realización del diseño planteado. Para esto se realizará dicha investigación en artículos científicos, páginas webs, libros e informes, entre otros.

### **2.1 Agricultura vertical (Vertical Farming)**

La agricultura vertical se basa en utilizar técnicas de cultivo intensivo sin el uso tradicional de elementos naturales como lo son el agua, el suelo y el oxígeno, entre otros.

El cultivo de plantas en vertical farming se realiza de manera totalmente artificial, la luz es proporcionada por luces LED, la cual suple la luz solar, adicionalmente el agua se deposita mediante un circuito de reciclaje cerrado. Este sistema de agricultura trae como mayor ventaja que no es necesario el uso de pesticidas. (Bailey, 2019)

### **2.2 Cultivos en ambientes controlados**

Los cultivos en ambientes controlados se definen como “una avanzada e intensiva forma de agricultura donde las plantas crecen en ambientes controlados para que las prácticas de horticultura puedan ser optimizadas” (Louis D. Albright, 1996)

En palabras más sencillas, los cultivos en ambientes controlados son posibles desarrollos agrícolas en lugares no aptos para cultivar. Por ello, para que esto sea posible, se deben tener en cuenta sistemas de ventilación, enfriamiento, calentamiento e iluminación artificial, esto para suplir los factores productivos que las especies vegetales necesitan pero que no son suministrados por los medios naturales específicos del ambiente. “Si el ambiente presenta condiciones de mayor adversidad, mayor deberá ser el control y protección de los cultivos.” (Stanko & Romero, s/f). En

la tabla 1 se muestran los posibles mecanismos a incluir en los sistemas utilizados en distintos tipos de agricultura controlada.

**Tabla 1**

*Sistemas de producción vegetal*

<i>Mecanismos / Sistemas</i>	<b>Sistemas</b>					
	Túneles bajos	Túneles altos	Cultivos protegidos	Invernaderos	Cultivos controlados	ECLSS
Calefacción	No	Quizás	Quizás	Si	Si	Si
Ventilación natural	Quizás	Si	Si	Si	Si	No
Ventilación mecánica	No	Quizás	Quizás	Si	Si	Si
Enfriamiento por evaporación	No	No	Quizás	Quizás	Si	No
Enfriamiento mecánico	No	No	No	No	No	Si
Suplemento de dióxido de carbono	No	No	Quizás	Quizás	Si	Si
Hydroponía	No	No	Quizás	Quizás	Probable	Si
Riego automatizado	No	No	Quizás	Quizás	Si	Si
Control de raíces	No	No	Quizás	Quizás	Si	Si
Iluminación artificial limitada	-	-	Quizás	Quizás	No	No
Iluminación artificial intensificada	No	No	No	No	Si	Si
Iluminación por fotoperíodo	No	No	Quizás	Quizás	Si	Si
Uso de pesticidas	Si	Si	Si	Si	Leve	No
Manejo integrado de plagas	No	No	Quizás	Quizás	Si	Si
Control computarizado del ambiente	-	-	Quizás	Quizás	Si	Si
Control computarizado integral	No	No	No	No	Si	Si

*Nota.* Adaptada de (Stanko & Romero, s/f.)

### 2.3 Sistema de soporte de vida y control ambiental

Según lo indican sus siglas el ECLSS es el Environmental Control and Life Support System, que en español significa, sistema de soporte de vida y control ambiental. Es un sistema de

hardware de soporte de vida regenerativo que proporciona aire y agua limpios a la tripulación y estaciones espaciales modernas a través de medios artificiales. (National Aeronaut Administration (Nasa), 2018)

El ECLSS consta de dos subsistemas claves para su funcionamiento, los cuales son el WRS (Water Recovery System/Sistema de recuperación de agua) que proporciona agua limpia al reciclar la orina de los miembros de la tripulación, el condensado de humedad de la cabina y los desechos de la actividad extra vehicular (EVA) y el OGS (Oxygen Generator System/Sistema de generación de oxígeno) que produce oxígeno para el aire respirable, además de reemplazar el oxígeno perdido como resultado del uso experimental, la despresurización de las esclusas de aire, las fugas del módulo y la ventilación de dióxido de carbono. (National Aeronaut Administration (Nasa), 2018)

#### **2.4 Estación espacial internacional (ISS)**

La estación espacial internacional, o según sus siglas en inglés ISS – International Space Station, es una estación espacial modular la cual se encuentra girando alrededor de la tierra, más exactamente en la órbita terrestre baja, aproximadamente a 400 kilómetros de la tierra. (La ISS: la Estación Espacial Internacional, s/f)

La ISS es más grande que una casa de seis habitaciones y esta posee una vista de 360 grados al espacio exterior. Constantemente está siendo tripulada por 7 astronautas que viven y trabajan en ella mientras se está orbitando la tierra cada 90 minutos, es posible tener más tripulantes de lo habitual en la estación debido a los trasposos de tripulación, en casos esta puede tener hasta 13 astronautas. (International Space Station Facts and Figures, 2016)

#### **2.5 Sistema de producción vegetal (Veggie)**

Veggie es un jardín ubicado en la ISS que busca ayudar a la NASA en el estudio del crecimiento de plantas en microgravedad y suministrar alimentos frescos a los astronautas. Veggie

posee plantaciones del tamaño aproximado de una maleta de mano, en la cual se ubican seis plantas, cada planta crece en lo que ellos llamarán “pillow”, estas pillow se encargan de que las plantas tengan la tierra y nutrientes necesarios para sus raíces y crecimiento. Adicionalmente, debido a la falta de gravedad, veggie introduce luz para guiar el crecimiento de las plantas, esto mediante diodos emisores de luz (LED). (Beth, 2019)

En general, se ha informado que la intensidad de luz en el sistema varía de 100 a 300 PPF. El hardware consiste en una matriz de iluminación LED que contiene rojo, azul y verde, para proporcionar aproximadamente 200 PPF (photosynthetic photon flux density) de radiación fotosintéticamente activa. (Massa et al., 2017)

Veggie ha obtenido resultados gratificantes, se han podido cultivar tres tipos de lechuga, entre otros. Algunas de estas plantas fueron cosechadas por los tripulantes, quienes también las consumieron. Se tomaron muestras de estas plantas que lograron su crecimiento en totalidad para ser analizadas y así poder estudiar una de las más grandes preocupaciones, los microbios dañinos, hasta el momento no se encontraron contaminaciones dañinas y estos se han podido catalogar como alimentos seguros para la tripulación. (Beth, 2019)

### **3. Diseño ingenieril aplicado al cultivo intensivo de alimentos**

El desarrollo del diseño del sistema de cultivo intensivo de alimentos tiene en cuenta distintos factores que influyen en su diseño, como lo son, el tipo de alimentos que se desean cultivar, cuantas personas se quiere beneficiar con estos cultivos y durante cuánto tiempo, para esto se realizaron distintas consultas para el posible diseño del sistema.

Adicionalmente, se aclara que el diseño no contendrá la celda de producción de hidrógeno basada en la electrooxidación de urea, ya que en realidad se toman sus flujos de salida como

variables hipotéticas para el planteamiento del funcionamiento del sistema, dicha celda sería una parte externa del sistema la cual no se estará estudiando en el presente proyecto.

### **3.1 Selección y clasificación de alimentos**

Considerando los factores mencionados anteriormente (duración del viaje, condiciones operativas de las naves y estaciones espaciales, tripulantes promedio de la ISS), se realizó una búsqueda bibliográfica de los que serían los posibles alimentos para cultivar en el sistema, cuáles son sus necesidades de iluminación, humedad, tiempo de cultivo, nutrientes en la tierra y atmósfera de CO<sub>2</sub>.

#### ***3.1.1 Dieta saludable para tripulantes***

En búsqueda de una dieta balanceada, fácil de preparar y fácil de cultivar en espacios controlados para los tripulantes de la ISS, se plantean tres posibles ensaladas ricas en nutrientes, que además de servir como complemento de la dieta tradicional basada en alimentos deshidratados, tiene un efecto favorable en la psique y estado de ánimo de los tripulantes, generado por el consumo de comida en estado “natural”.

La ensalada 1, compuesta por cebolla larga, zanahoria y lechuga. La ensalada 2, compuesta por pimentón, cebolla larga y zanahoria. En último lugar, la ensalada 3, que contiene, lechuga, tomate y cebolla larga. Dichas ensaladas funcionan como complemento en la alimentación diaria de los tripulantes, es decir que estas están planteadas para acompañar una de las raciones del día. Estos vegetales tienen un consumo bajo-medio de agua, requieren poco espacio para su plantación y el tiempo de cosecha es corto.

Adicionalmente, se tienen en cuenta como referencia, la cantidad de tripulantes presentes en la ISS, para así poder saber las porciones necesarias de cada verdura, tanto en cada ensalada como el total de las tres ensaladas. Por lo tanto, se supone una dieta para 8 tripulantes de la ISS

durante un mes alternando las tres ensaladas diariamente. En la tabla 2 se muestra las porciones necesarias de cada vegetal para cada una de las ensaladas, a su vez, en la preparación de las tres ensaladas juntas y en la preparación de estas tres ensaladas durante un mes para 8 tripulantes de la ISS.

**Tabla 2**

*Cantidad de cada vegetal necesaria para la preparación de las ensaladas.*

<i>Vegetales</i>	<i>Medida</i>	<i>Ensalada 1</i>	<i>Ensalada 2</i>	<i>Ensalada 3</i>	<i>Total, en las tres ensaladas</i>	<i>Total, en un mes</i>
Cebolla larga	Gajos	4	4	4	12	120
Lechuga	Unidad	1/2	-	1/2	1	10
Pimentón	Unidad	-	2	-	2	20
Tomate	Unidad	-	-	4	4	40
Zanahoria	Unidad	2	2	-	4	40

Finalmente, es necesario conocer el valor nutricional de cada ensalada, en términos de energía (Kcal) y carbohidratos totales (g). Para ello, es necesario conocer el peso en gramos de cada unidad o porción del vegetal, siendo así, para la cebolla larga 150g, la lechuga 300g, el pimentón 180g, el tomate 150g y la zanahoria 80g. (Hawkins, 2020) (Peso de los alimentos, s/f). En la tabla 3 se encuentran los valores de energía en kilocalorías y de carbohidratos totales en gramos para cada uno de los vegetales.

**Tabla 3**

*Valor nutricional de cada vegetal*

<i>Vegetales</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
Cebolla larga	41	7,1
Lechuga	30	5,9
Pimentón	28	4,9
Tomate	23	4,1
Zanahorias	46	9,5

*Nota.* Adaptada de (Familiar, 2018)

En las tablas 4, 5 y 6 se muestran los valores nutricionales de energía y carbohidratos de cada ensalada en una porción personal. En el Apéndice A, se encontrarán los valores nutricionales de cada ensalada más detalladamente para periodos de tiempo como una semana y un mes.

**Tabla 4**

*Valores nutricionales para la ensalada 1 para una persona*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción personal ensalada 1</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
Cebolla	0,5	18,5	3,4
Lechuga	0,0625	1,875	0,36875
Pimentón	0	0	0
Tomate	0	0	0
Zanahorias	0,25	11,5	2,375
	<b>Total</b>	<b>31,875</b>	<b>6,14375</b>

**Tabla 5**

*Valores nutricionales para la ensalada 2 para una persona.*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción personal ensalada 2</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
Cebolla	0,5	18,5	3,4
Lechuga	0	0	0
Pimentón	0,25	8,75	1,575
Tomate	0	0	0
Zanahorias	0,25	11,5	2,375
	<b>Total</b>	<b>38,75</b>	<b>7,35</b>

**Tabla 6**

*Valores nutricionales para la ensalada 3 Para una persona.*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción personal ensalada 3</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
Cebolla	0,5	18,5	3,4
Lechuga	0,0625	1,875	0,36875
Pimentón	0	0	0
Tomate	0,5	11,5	2,05
Zanahorias	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>31,875</b>	<b>5,81875</b>

### **3.1.2 Producción de alimentos**

Después de conocer los vegetales que componen la dieta saludable para los tripulantes, es necesario conocer los factores importantes para el cultivo de estos. Por ello, se realizó la respectiva búsqueda bibliográfica de dichos factores como lo son la temperatura, la atmosfera de CO<sub>2</sub>, el pH

y los nutrientes de la tierra, la cantidad de luz necesaria y el tiempo de cultivo. En la tabla 7 se presentan los factores de cultivo que necesitan cada uno de los vegetales seleccionados anteriormente.

**Tabla 7**

*Factores importantes para el cultivo de vegetales*

<i>Vegetales</i>	<i>Temperatura</i>	<i>CO2</i>	<i>Tierra</i>		<i>Cantidad de luz</i>	<i>Tiempo de cultivo</i>
	°C	Gramos al día por planta	pH	Nutrientes	Horas al día	Meses
Cebolla larga	10 a 20°C	0,11	5 a 6	N, P y K	12 a 16	4 a 6
Lechuga	18 a 20°C	0,36	6,7 a 7,4	N, P2O5 Y K2O	4 a 5	1 a 2
Pimentón	15 a 32°C	2,82	6 a 6,5	N, P2O5, K2O, CaO, MgO	6 a 8	5
Tomate	20 a 30°C	4,36	7	N, P, K	8 a 16	2 a 3
Zanahorias	15 a 21°C	0,005	5,8 a 7	N y K2O	6	3

*Nota.* N-nitrógeno, P-fosforo, K-potasio, P2O5-óxido de fosforo, K2O-óxido de potasio, CaO-óxido de calcio, MgO-óxido de magnesio. Datos obtenidos de (Absorción de CO2 por los cultivos más representativos de la Región de Murcia, s/f; Agricultura. El cultivo de la lechuga, s/f; Antolínez Vera et al., 1991; Bogotá, 2015; Bojacá et al., 2017; Cómo lograr las cebollas más grandes y de mejor calidad en tu huerta, 2019; “¿Cuántas horas de sol necesitan mis cultivos?”, 2022; De & De Calidad, s/f; Hansen, s/f; Mula, 2012; Mula, 2014)

**3.1.2.1 Temperatura.** La estación espacial internacional se encuentra en rangos de temperaturas externas que van desde los 121°C a los -157°C, pero estos se controlan gracias al sistema de control térmico (TSC) el cual logra que la estación mantenga sus temperaturas entre los 18°C a los 26°C. (*¿Cuál es el rango de temperatura en una nave o estación espacial típica?, s/f*)

Por lo tanto, no se necesita refrigeración o control de temperatura para los cultivos, ya que la temperatura de la nave redondea las mismas temperaturas que se necesitan en las plantaciones.

**3.1.2.2 Atmosfera.** El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es indispensable para la fotosíntesis de todas las plantas, por ello, para que el crecimiento de las plantaciones dentro del sistema sea satisfactorio y en las mejores condiciones es necesario mantener una atmósfera adecuada de CO<sub>2</sub> para cada planta. Según estudios realizados en plantas cultivadas en el espacio exterior la atmósfera de CO<sub>2</sub> puede variar entre ~1000 y 1500 partes por millón (ppm) en el momento de mayor saturación, mientras que en los tiempos de cero absorciones la atmósfera puede variar entre ~50 y 100 ppm de CO<sub>2</sub>. (Wheeler & Sager, 2006) Siendo así, se idea el uso de sensores de CO<sub>2</sub>, ubicando uno por cada sección de plantación del sistema.

**3.1.2.3 Iluminación.** Veggie usa luces LED para proporcionar la radiación fotosintética necesaria sobre la superficie de las plantaciones, la cual corresponden a 200 PPFD (photosynthetic photon flux density) a una proporción de 12 luces rojas (630nm), 3 luces azules (455nm) y una verde (530nm). (Massa et al., 2017). Por ello, se plantea el mismo sistema de iluminación para las plantaciones en el sistema de cultivo intensivo.

**3.1.2.4 Agua.** Según Veggie las plantas necesitan oxígeno y dióxido de carbono, y las raíces necesitan agua y oxígeno. “Too much water stresses plants like a flood, and too little is like a drought” (Administration, 2020). Por consiguiente, se plantea el uso de sensores de humedad en las plantaciones, ubicando un sensor para cada tipo de plantación, es decir, uno en la zona de plantación de las cebollas largas, uno en las lechugas, uno en los tomates y pimentones y por último uno en las zanahorias. Así se podrá controlar la cantidad correcta de agua que se inyecta a las plantas. Usando el mismo sistema de inyección de agua que Veggie, el cual consiste en suministrar el agua a las plantas mediante una conexión de agua potable que conduce a un anillo de goteo dentro de cada almohada, (Massa et al., 2017)

### 3.2 Diseño de sistema, componentes y piezas

Siendo claros los vegetales a cultivar en el sistema y los factores necesarios para cada cultivo, se procede a diseñar cada una de las piezas que componen el sistema, se ensamblan dichas piezas y se crean planos 2D del sistema mediante el software de Autodesk, Fusion 360.

#### 3.2.1 Dimensiones

El posible dimensionamiento del sistema depende netamente del espacio ocupado por cada plantación, desde el espacio necesario para la tierra, como el espacio que ocupan hojas y tallos. Para esto se realizó una consulta bibliográfica, de los espacios promedios necesarios para cada planta de los vegetales seleccionado y así poder dar las dimensiones más aptas para todo el diseño.

Empezando por dimensionar las almohadas, como lo llama veggie, seguido se dimensionan las repisas donde estas almohadas se ubicarán y por último el espacio total del sistema. En la tabla 8 se muestran las dimensiones de espacio y tierra necesarios por cada vegetal seleccionado.

**Tabla 8**

*Dimensiones típicas del espacio requerido para la plantación de los vegetales considerados.*

<i>Vegetales</i>	<i>Espacio necesario para la tierra</i>			<i>Altura planta</i>
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	cm
Cebolla larga	30	20	20	30
Lechuga	20	15	25	10
Pimentón	20	20	20	70
Tomate	15	15	45	50
Zanahorias	20	30	20	60

Nota. X – Largo, Y – Alto, Z – Ancho. Datos obtenidos de ((Bogotá, 2015); Cómo cultivar lechugas, 1d. C.; Cómo lograr las cebollas más grandes y de mejor calidad en tu huerta, 2019; (Fornaris, 2007); Hogarmania, 2013; Martín, 2015)

Con estos datos fue posible agrupar los vegetales en dos grupos respecto a el espacio necesario para la tierra donde crecen las raíces, los que necesitan más espacio (cebolla larga y zanahoria) y los que necesitan menos espacio (lechuga, pimentón y tomate). Adicionalmente, fue

posible realizar otra agrupación respecto a la altura de la planta en su crecimiento, los que necesitan más espacio (tomate y pimentón) y los que necesitan menos espacio (cebolla larga, lechuga y zanahoria).

Gracias a esto, se llegó a dimensionar dos almohadas, una grande y una pequeña, con el tamaño de estas y la cantidad de plantas que se quieren cultivar se pudo dimensionar cada una de las repisas, por último, conociendo el tamaño de dichas repisas y el espacio necesario para la altura de la planta, se pudo dimensionar el sistema total. Los cálculos de la cantidad de plantas a cultivar y de las dimensiones se encuentran en el Apéndice B. La tabla 9 muestra las dimensiones definidas para el diseño del sistema basadas en el espacio necesario para cada plantación.

**Tabla 9**

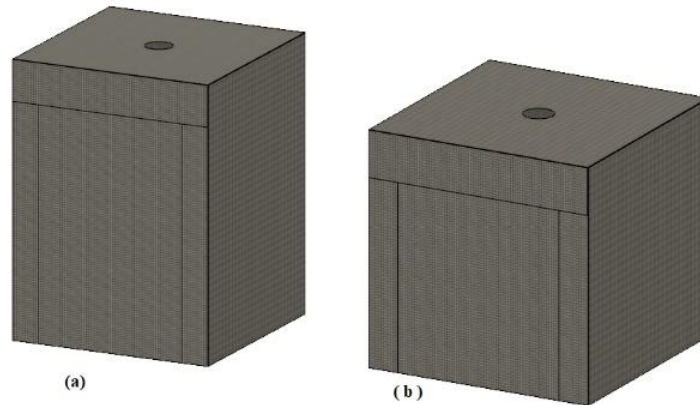
*Dimensiones del sistema*

<i>Dimensiones</i>	<i>X (cm)</i>	<i>Y (cm)</i>	<i>Z (cm)</i>
Almohada grande	15	20	15
Almohada pequeña	15	15	15
Repisa para cebolla larga y lechuga	38	1	92
Repisa para tomate y pimentón	38	1	56
Repisa para zanahoria	77	1	92
Altura para tomate y pimentón	-	132	-
Altura para cebolla larga, lechuga y zanahoria	-	30	-
Sistema completo	85	158	96

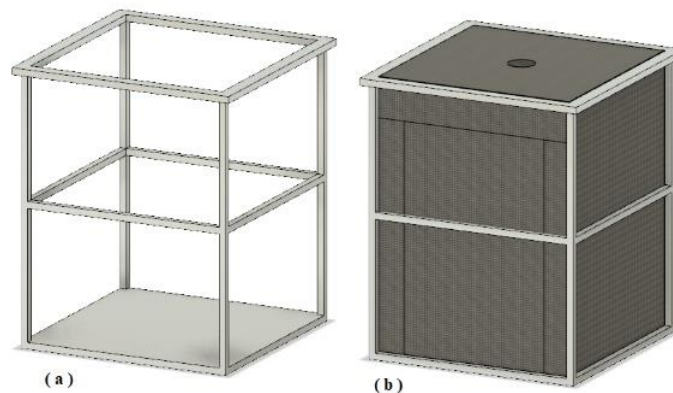
Nota. X – Largo, Y – Alto, Z – Ancho.

### **3.2.2 Piezas**

**3.2.2.1 Almohadas.** Estas cumplen la función de almacenar la tierra en la cual se cultivarán los vegetales seleccionados. Se dividen en dos tamaños, las almohadas grandes que contendrán las plantas de cebolla larga y lechuga y las almohadas pequeñas que contendrán las plantas de lechuga, tomate y pimentón. La figura 1 muestra la almohada grande (a) y la almohada pequeña (b).

**Figura 1***Almohadas*

**3.2.2.2 Base para las almohadas.** Esta base cumple la función de soportar la almohada, evitando que esta se deforme por la tierra y raíces que va a contener, así también, se encarga de encajar en la repisa que soportara todas las almohadas. La figura 2 muestra en la parte (a) la base para las almohadas y en la parte (b) la almohada ya puesta en la base.

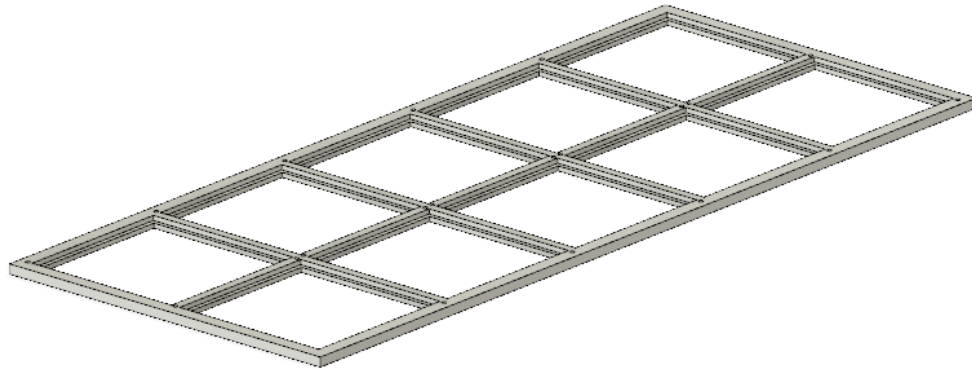
**Figura 2***Base para almohadas*

**3.2.2.3 Repisas.** Se encargan de contener todas las almohadas correspondientes a la cantidad de plantas que se va a cultivar por vegetal, estas son de diferente tamaño dependiendo el vegetal que soportaran. Poseen también dos seguros por cada espacio para almohada, los cuales

aseguran dichas almohadas. La figura 3 muestra un ejemplo de repisa, ya que el tamaño de estas varía dependiendo el tipo de vegetal que contendrá y la sección en la que se ubicará.

### Figura 3

*Ejemplo de una de las repisas diseñadas para el sistema*

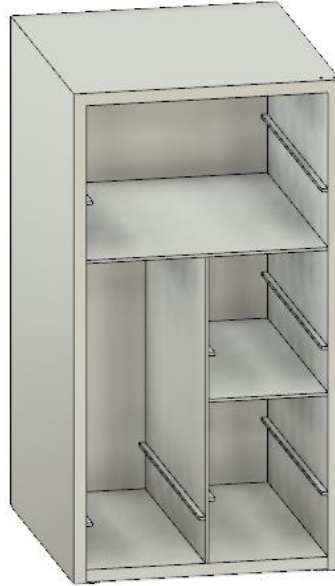


**3.2.2.4 Contenedor.** Este es la base de todo el sistema, se encarga de contener cada una de las plantaciones a realizar. Tendrá cuatro divisiones, la primera división para las zanahorias en la parte superior del contenedor, la parte inferior del contenedor se divide en dos verticalmente, el lado izquierdo del contenedor será la división para los tomates y pimentones, mientras que el lateral derecho se divide en dos nuevamente, teniendo así la división tres para las lechugas y la división cuatro para las cebollas largas.

Adicionalmente, dentro de él se encontrarán todos los factores necesarios, la iluminación mediante luces LED, la inyección de agua y la inyección de CO<sub>2</sub>. Finalmente, este estará sobre una base rodante, lo cual lo hará fácil de mover y ubicar en cualquier lugar de la estación internacional. La figura 4 muestra el contenedor con las divisiones para cada plantación.

**Figura 4**

*Contenedor solo con las divisiones de las secciones y las bases para las repisas.*

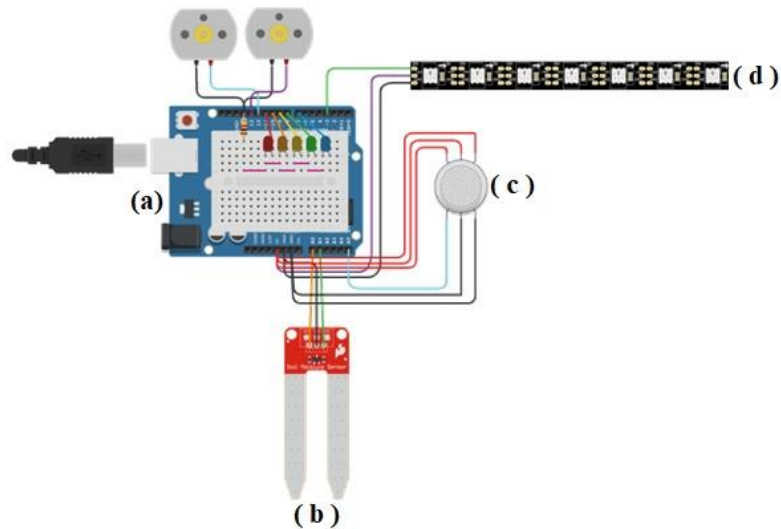


**3.2.2.5 Conexiones.** Estas se encargan de suministrar las condiciones atmosféricas a los cultivos, siendo así, se deben tener conexiones eléctricas para las luces LED y para los sensores de CO<sub>2</sub> y agua, también conexiones mediante mangueras para la inyección de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y para el suministro de agua a cada planta.

**3.2.2.6 Luces LED, controladores de CO<sub>2</sub> y humedad.** Estos funcionaran mediante un Arduino, y los cuales se encargan de la iluminación, las mediciones de atmósfera y suelo en los cultivos, estos ubicados uno por cada división de alimentos. Para esto, se usan sensores los cuales se obtuvieron del software TinkerCAD. La figura 5 muestra la parte (a) correspondiente al Arduino, la parte (b) al sensor de humedad, la parte (c) al sensor de gas (CO<sub>2</sub>) y la parte (d) a las luces LED.

**Figura 5**

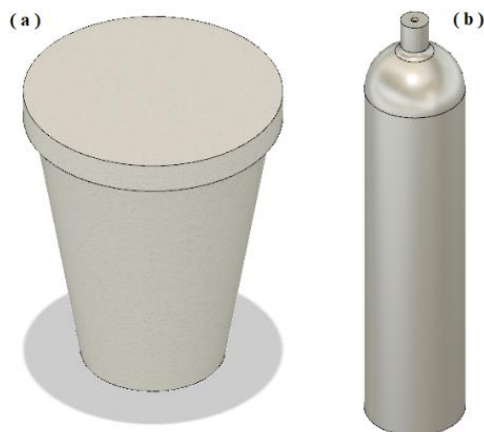
*Luces LED, sensores de CO<sub>2</sub> y humedad conectados al Arduino.*



**3.2.2.7 Tanques de almacenamiento.** Estos se encargan de contener el agua potable y el CO<sub>2</sub> que serán suministrados a los cultivos. La figura 6 muestra en la parte (a) el tanque de almacenamiento de agua y en la parte (b) el tanque de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

**Figura 6**

*Tanques de almacenamiento de agua y CO<sub>2</sub>*

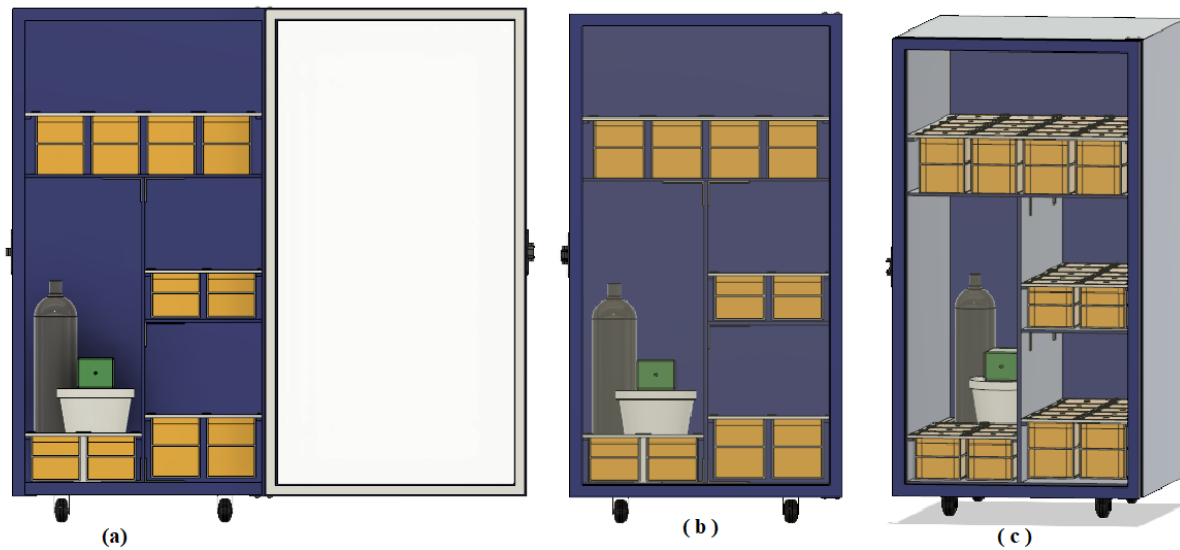


**3.2.2.8 Sistema de cultivo.** Este es la unión de todas las piezas descritas, en su totalidad contiene 525 piezas. El despiece general del sistema se encuentra en el Apéndice C y los planos en 2D se

puede encontrar en el Apéndice D. En la figura 6 se muestra el sistema completo con todas las piezas en su respectiva ubicación, la parte (a) corresponde al sistema abierto visto frontalmente, la parte (b) al sistema cerrado visto frontalmente, y la parte (c) es una vista oblicua del sistema cerrado. Los colores en el sistema son representativos para la mejor visualización de los componentes.

### Figura 7

*Sistema de cultivo intensivo completo*



## 3.3 Materiales y Procesos De Fabricación

Con la ayuda del software EduPack, se procedió a seleccionar los materiales y procesos de fabricación adecuados para el sistema de cultivo intensivo de alimentos.

### 3.3.1 Selección de materiales

En esta etapa, se seleccionaron los materiales adecuados para cada pieza, realizando primero un estudio de esfuerzos en las repisas, las cuales son las piezas que se verán sometidas mayormente a esfuerzos, esto con ayuda del software Fusion 360. Para esto, se calcularon las

fuerzas que soportará cada repisa. En la tabla 10 se presentan los valores de peso soportados por cada repisa y su valor de fuerza aplicada en Newton.

**Tabla 10**

*Peso y fuerza que soportan las repisas con sus respectivas plantaciones*

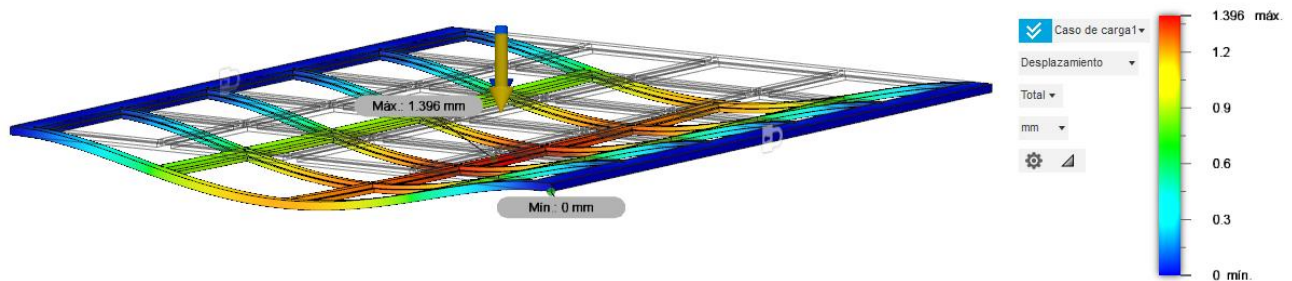
Repisa	Cantidad de almohadas por repisa	Volumen de cada almohada	Densidad del abono	Peso de cada almohada	Peso que soporta la repisa	Fuerza en Newton
		m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg	Kg	N
Cebolla	10	0,0045	864	3,89	38,88	381,41
Lechuga	10	0,0034	864	2,92	29,16	286,06
Pimentón y tomate	6	0,0034	864	2,92	17,50	171,64
Zanahoria	20	0,0045	864	3,89	77,76	762,83

Nota. El dato de densidad del abono fue tomado de (Tervex, s/f).

Seguido a esto, se realizó un estudio de esfuerzos en la repisa que más peso soporta, es decir, la repisa de las zanahorias. Para ello, se usó un material de referencia, en este caso el aluminio 6061, adicionalmente se aplicó la fuerza G (gravedad) en un promedio de 5G, lo cual simula aproximadamente la gravedad que soporta un ser humano (¿Cuándo es la fuerza g máxima experimentada por un astronauta?, s/f). En la figura 8 se muestra el máximo de deformación que soporta la repisa aplicando la fuerza en newton correspondiente (Tabla 10).

**Figura 8**

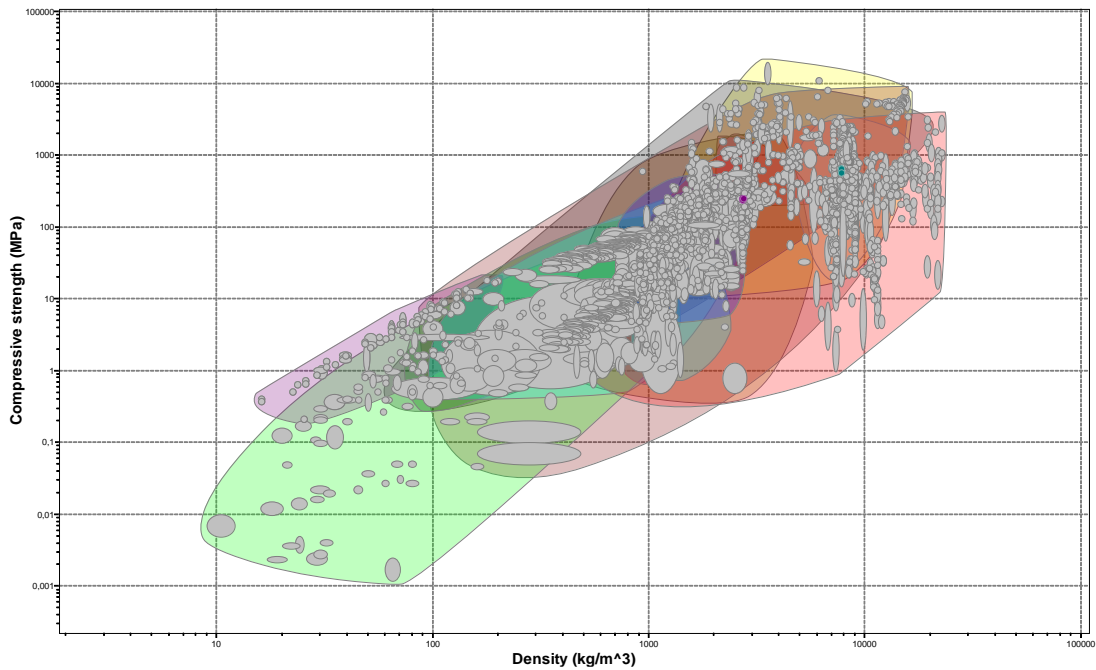
*Deformación de la repisa para zanahorias*



Gracias a esto y usando el software EduPack, se realizó una búsqueda de materiales aplicando las propiedades del aluminio 6061, llegando así a cinco posibles materiales a ser seleccionados. En la figura 9 se muestran todos los grupos de materiales que ofrece el software EduPack antes de realizar búsquedas y filtros. En la figura 10 muestra los datos usados para filtrar los materiales proporcionados por EduPack, estos basados en las propiedades del aluminio 6061 el cual fue utilizado como material de referencia en el estudio de esfuerzo.

### Figura 9

*Grupos de materiales proporcionados por el software EduPack.*



**Figura 10**

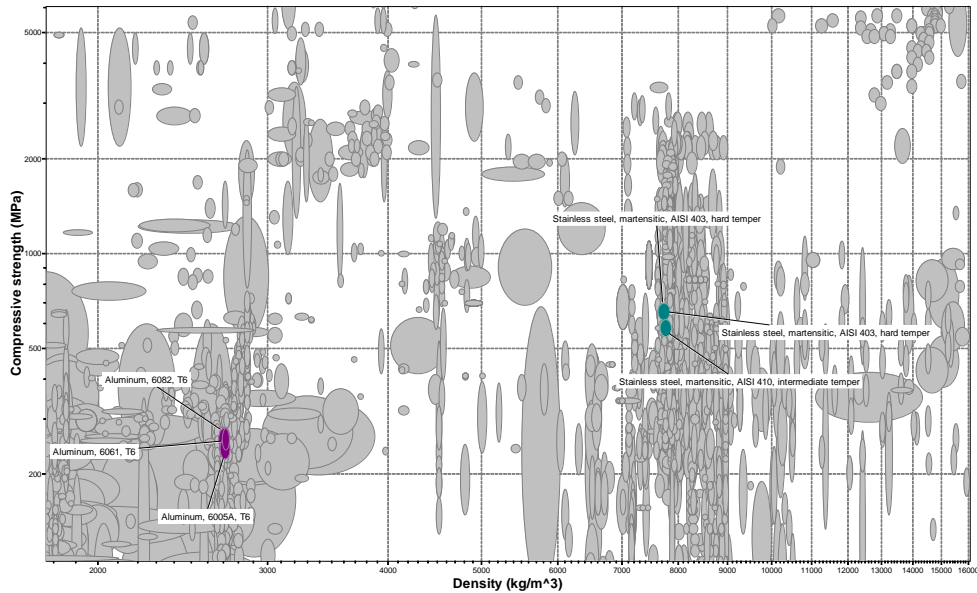
*Propiedades limitantes usadas como filtros en la búsqueda y selección de materiales, basadas en el material de referencia.*

Impact & fracture properties		Primary production energy, CO2 and water	
	Minimo	Máximo	
Fracture toughness	<input type="text" value="30"/>	<input type="text"/>	MPa.m <sup>0.5</sup>
Toughness (G)	<input type="text" value="13"/>	<input type="text"/>	kJ/m <sup>2</sup>
Price		Recycling and end of life	
Price	<input type="text"/>	<input type="text" value="8000"/>	COP/kg
Price per unit volume	<input type="text"/>	<input type="text" value="4e7"/>	COP/m <sup>3</sup>
Physical properties		Recycle	<input checked="" type="checkbox"/>
Density	<input type="text" value="2700"/>	<input type="text"/>	Mínimo
Dynamic viscosity (absolute viscosity)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Máximo
Durability		Embodied energy, recycling	<input type="text" value="35"/>
Water (fresh)	<input type="text" value="Excellent"/>	CO2 footprint, recycling	<input type="text" value="2,5"/>
Water (salt)	<input type="text" value="Acceptable; Excellent"/>	Recycle fraction in current supply	<input type="text"/>
Weak acids	<input type="text"/>	Downcycle	<input checked="" type="checkbox"/>
Strong acids	<input type="text"/>	Combust for energy recovery	<input checked="" type="checkbox"/>
Weak alkalis	<input type="text"/>	Heat of combustion (net)	<input type="text"/>
Strong alkalis	<input type="text"/>	Combustion CO2	<input type="text"/>
Organic solvents	<input type="text" value="Acceptable; Excellent"/>	Landfill	<input checked="" type="checkbox"/>
Oxidation at 500C	<input type="text"/>	Biodegrade	<input type="checkbox"/>
UV radiation (sunlight)	<input type="text" value="Excellent"/>		
Galling resistance (adhesive wear)	<input type="text" value="Limited use"/>		
Flammability	<input type="text"/>		

Durante el proceso de filtro, se obtuvieron una variedad de polímeros que cumplían varios de los factores que se querían para el sistema, pero al aplicar más filtros, estos un poco más específicos en base al material de referencia, los polímeros fueron siendo eliminados hasta llegar así a cinco materiales que cumplieran con todas las propiedades que se plantearon. La figura 11 muestra los cinco materiales finales obtenidos después de aplicar los filtros presentados en la figura 10.

**Figura 11**

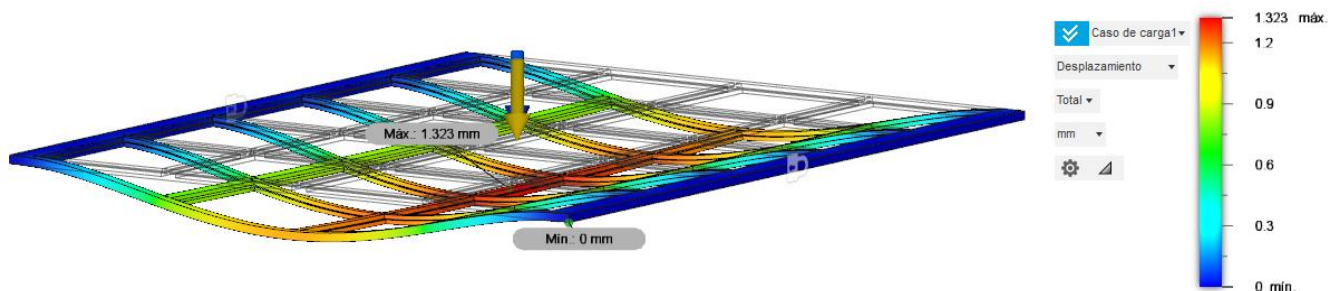
*Cinco materiales filtrados en el software EduPack*



Los cinco metales filtrados fueron, el aluminio 6005A T6, aluminio 6061 T6, aluminio 6082 T6, acero inoxidable AISI 403 y acero inoxidable AISI 410. Finalmente, para poder elegir el material a usar, se realizó nuevamente el estudio de esfuerzos sobre la misma repisa de zanahorias con los mismos factores de fuerza y gravedad, aplicando los cinco materiales filtrados. Las figuras 12 a 16 muestran la deformación máxima y mínima que soporta la repisa al aplicar el peso y la gravedad.

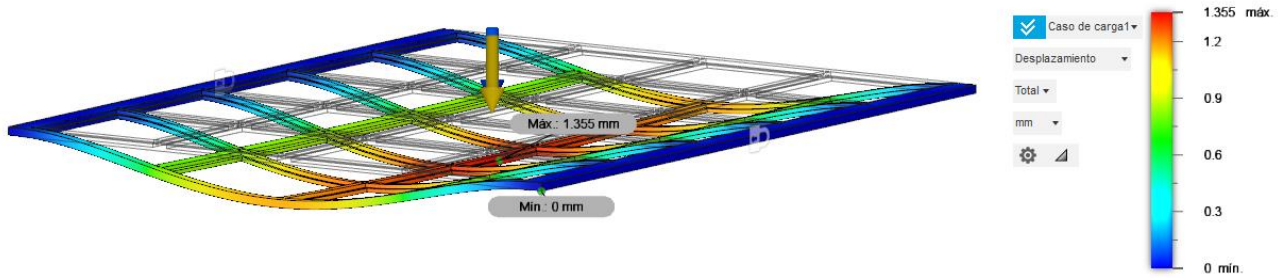
**Figura 12**

*Deformación de la repisa para el aluminio 6005A T6*



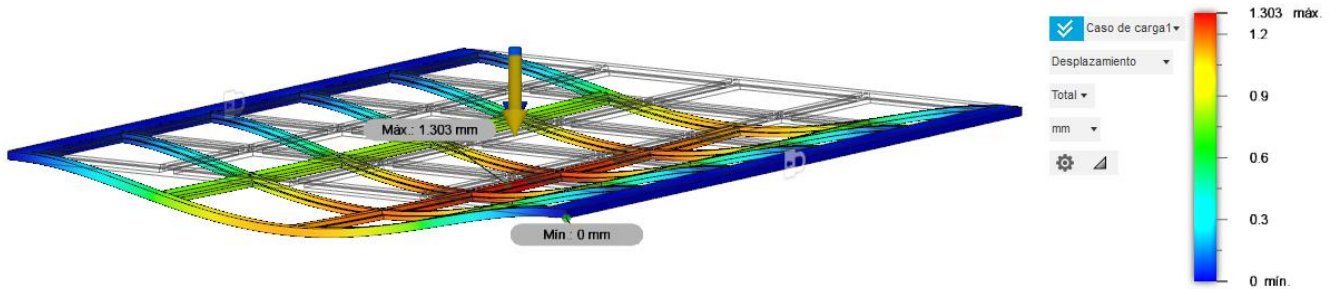
**Figura 13**

*Deformación de la repisa para el aluminio 6061 T6*



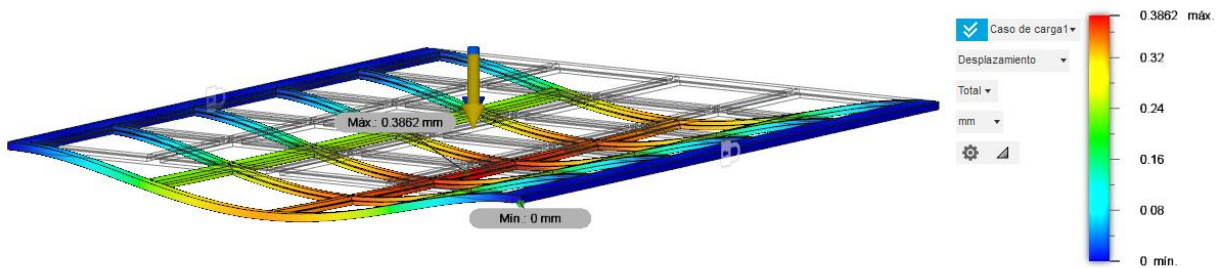
**Figura 14**

*Deformación de la repisa para el aluminio 6082 T6*



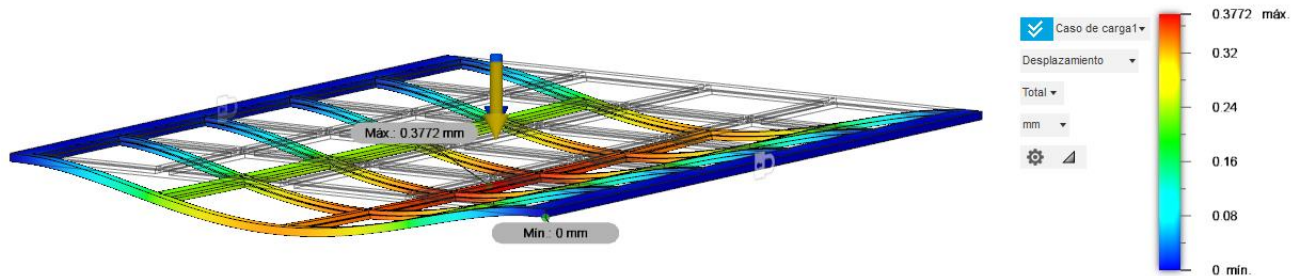
**Figura 15**

*Deformación de la repisa para el acero inoxidable AISI 403*



**Figura 16**

*Deformación de la repisa para el acero inoxidable AISI 410*



En la tabla 11 se presentan las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los materiales filtrados en el software EduPack, como también los resultados obtenidos en el estudio de esfuerzos realizados en la repisa usando cada uno de estos materiales.

**Tabla 11**

*Propiedades correspondientes a los cinco materiales filtrados en el software EduPack*

<i>Propiedades</i>	<i>Unidades</i>	<i>Aluminio 6005A T6</i>	<i>Aluminio 6061 T6</i>	<i>Aluminio 6082 T6</i>	<i>Acero Inoxidable AISI 403</i>	<i>Acero Inoxidable AISI 410</i>
Densidad	Kg / m <sup>3</sup>	2740	2700	2730	7820	7850
Módulo de Young	MPa	71200	72700	74000	205000	210000
Coefficiente de Poisson	0.33	0,390	0,330	0,335	0,285	0,285
Límite de elasticidad	MPa	262	313	280	700	917
Resistencia máxima a tracción	MPa	315	340	344	950	965
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	-	8,157	8,531	8,670	15	15
Desplazamiento	mm	1,36	1,40	1,30	0,39	0,38
Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria	Kg/Kg	9,50	9,53	9,48	2,68	2,70
Agua usada	l/Kg	1240	1250	1240	106	105
Carga	Newton	763				
Gravedad	m/s <sup>2</sup>	49,04				

Nota. Los datos presentados fueron obtenidos del software EduPack y el software Fusion360.

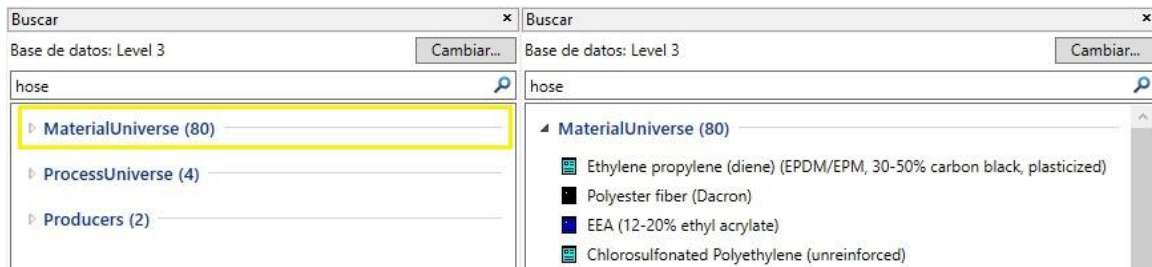
Usando la tabla 11 y los estudios de esfuerzos para comparar los cinco materiales, se seleccionó el aluminio 6082 T6 debido principalmente a su baja densidad y su desplazamiento en

el estudio de esfuerzos. Adicionalmente, para un óptimo diseño del sistema, las paredes del contenedor, separadores, soporte de repisas, y el marco de la puerta se realizarán del mismo material.

A su vez, el sistema contiene piezas las cuales ya tienen materiales conocidos, como lo son los tornillos, los cuales son hechos de acero, o las mangueras las cuales son de plástico/caucho. Para estas piezas se realizó la búsqueda del material en el software EduPack de manera más sencilla, usando como palabra clave el tipo de pieza. En la figura 17 se muestra en forma de ejemplo la forma de búsqueda usada en el software EduPack.

**Figura 17**

Ejemplo de búsqueda en software EduPack para piezas con materiales conocidos.



Finalmente se realiza la clasificación respectiva de cada pieza con su material correspondiente, presentada en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Clasificación de materiales.*

<i>Material</i>	<i>Piezas</i>
Acero inoxidable, austenítico, AISI 316LVM, trabajado en frío	Bisagra Seguro de la puerta Soportes de sección Soportes de bases para repisas Tornillos
Aluminio 6082 T6	Base para la almohada Contenedor Marco de la puerta Repisas

	Separadores de sección
	Seguros de almohadas
Borosilicato - 7740	Vidrio de la puerta
Etileno propileno (dieno) (EPDM/EPM, 30-50% carbono negro, plastificado)	Mangueras
SEBS (Shore A50)	Goma de la puerta
PA410 (impacto modificado)	Ruedas de la base
PEEK (40% fibra de carbono)	Almohadas

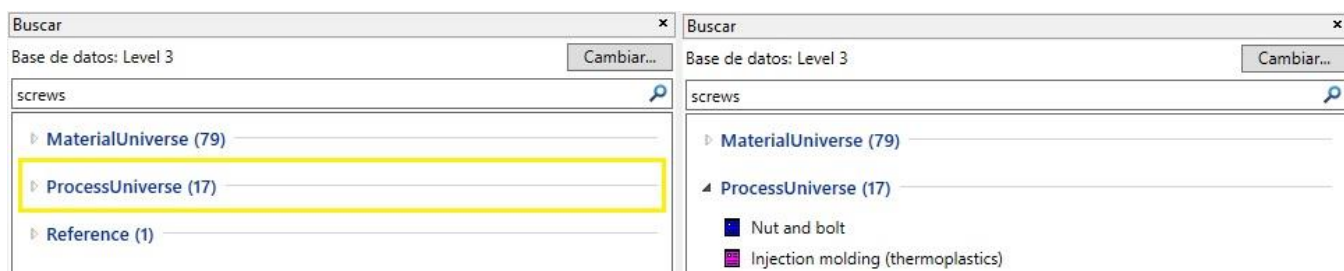
Las fichas técnicas correspondientes a cada uno de los materiales seleccionados para el sistema se pueden ver en el Apéndice E.

### 3.3.2. Selección de procesos de fabricación y conformado

Seguido a seleccionar los materiales que compondrán el sistema, se procedió a seleccionar los procesos de fabricación y de conformado necesarios para el sistema. Para esto se hizo uso del software EduPack, realizando así una búsqueda de procesos similar a la de los materiales, usando como palabra clave el tipo de pieza que se quiere fabricar.

#### Figura 18

*Ejemplo de búsqueda de procesos en el software EduPack*



Finalmente, se seleccionaron los procesos considerados más importantes y necesarios para el sistema, los cuales permitan la realización de orificios en las superficies, o la creación de piezas como laminas y/o varillas entre otros. En la tabla 13 se encuentran dichos procesos seleccionados junto a su respectiva ficha técnica.

**Tabla 13**

*Procesos de fabricación y conformados seleccionados del software EduPack.*

<i>Proceso</i>	
Drilling	Perforación
Hot metal extrusion	Extrusión de metales en caliente
Laser cutting	Corte láser
Precision glass molding	Moldeo de vidrio de precisión
Roll forming	Perfilado
Stamping	Estampado

Las fichas técnicas correspondientes a cada uno de los procesos seleccionados mediante el software EduPack para el sistema se encuentran en el Apéndice F.

Estos procesos se asocian a diferentes piezas como lo sería por ejemplo el moldeo de vidrio para la obtención del vidrio que será puesto en la puerta del sistema, debido a esto, se muestran a continuación en la tabla 14, las piezas asociadas a los anteriormente nombrados procesos.

**Tabla 14**

*Aplicación de los procesos seleccionados en distintas piezas del sistema.*

<i>Proceso</i>	<i>Pieza</i>	<i>Aplicación</i>
Drilling	Repisas Paredes del contenedor Separaciones de sección	Este usado para abrir orificios circulares de diámetro definido en piezas de material macizo. En el sistema será de vital importancia para la perforación de las piezas en donde se usarán tornillos.
Hot metal extrusion	Base para almohadas	Este se usa para dar formas definida a los metales, como varillas. En el caso del sistema ayuda a la formación de la rejilla que conforma la base para almohadas.
Laser cutting	Almohadas Repisas	Este genera cortes de precisión en distintos materiales, siendo así el más adecuado para el corte exacto del textil con el cual se plantea realizar las almohadas. Adicionalmente se plantea su uso para al corte de los orificios donde encajan las almohadas en las repisas.
Precision glass molding	Vidrio de la puerta	Este consiste en moldear vidrios para llevarlos a la forma que desee de este.

Roll forming	Marco de la puerta	Este usado para crear perfiles con distintas geometrías, siendo adecuado para dar forma a el marco de la puerta del sistema.
Stamping	Bisagras Seguro de la puerta Base plana de las ruedas	Adecuado para conseguir formas complejas trabajando con láminas de material a espesor uniforme.

### 3.3.3 Huella de CO2

La huella de CO2 es considerada la herramienta para cuantificar la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) que son emitidos a la atmósfera, estos derivados de la producción o consumo de bienes. (Huella de Carbono, 2019)

Por ello, se usó la herramienta Eco Audit del software EduPack para conocer la huella de CO2 que se producirá al llevar a cabo el diseño propuesto durante el proyecto. Para esto, se elige un nuevo estudio a desarrollar y en el cual se ingresan los factores importantes del sistema, en primer lugar se escriben los componentes (piezas) del sistema, con su respectivo proceso de fabricación, masa en kilogramos y fin de vida, adicionalmente, se escriben factores como lo son el transporte y tipo de energía que el sistema use, también si este será estático o dinámico, seguido a suministrar toda la información necesaria, la herramienta de Eco Audit genera los resultados en dos formatos, el primero como grafica de huella de CO2 y energía, y el segundo un informe detallado de todo el sistema. En la figura 19 se muestra la información a suministrar que solicita Eco Audit para el posible desarrollo del estudio. En la figura 20 se muestran los datos de piezas y materiales suministrados para realizar el estudio de Eco Audit.

**Figura 19**

*Matriz de información a suministrar para el desarrollo de un estudio de Eco Audit*

Proyecto Eco Audit

Definición del producto Informe

Nuevo Abrir Guardar Comparar con...

Información del producto

Nombre: Producto

Material, fabricación y fin de vida

Cantidad	Nombre del componente	Material	Contenido reciclado	Masa (kg)	Proceso primario	Fin de vida
----------	-----------------------	----------	---------------------	-----------	------------------	-------------

Transporte

Nombre	Tipo de transporte	Distancia (km)
--------	--------------------	----------------

Uso

Vida del producto: 1 años

País de uso: Mundo

Modo estático  El producto utiliza la siguiente energía:   
 Entrada y salida de energía: Eléctrica a térmica Tipo de combustible y movilidad: Diésel - transporte marítimo

Modo dinámico  El producto es parte de un vehículo o se transporta en él:   
 Tipo de combustible y movilidad: Diésel - transporte marítimo

Potencia nominal: 0 W Uso: 0 días al año

Uso: 0 días al año Distancia: 0 km al día

Uso: 0 horas al día

Informe

**Figura 20**

*Piezas y materiales usados en el estudio Eco Audit*

Sistema de cultivo intensivo de alimentos

Proyecto Eco Audit

Definición del producto Informe

Nuevo Abrir Guardar Comparar con...

Información del producto

Nombre: Sistema de cultivo intensivo de alimentos

Material, fabricación y fin de vida

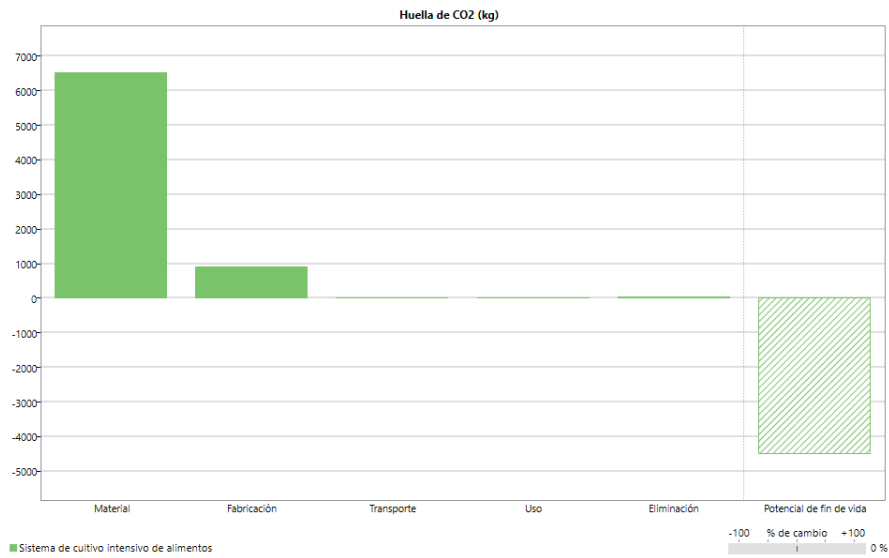
Cantidad	Nombre del componente	Material	Contenido reciclado	Masa (kg)	Proceso primario	Fin de vida
16	Almohada pequeña	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,002215	Extrusión de polímeros	Reutilizar
30	Almohada grande	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,002714	Extrusión de polímeros	Reutilizar
16	Base almohada pequeña	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,5173	Extrusión, laminado	Reciclar
30	Base almohada grande	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,531	Extrusión, laminado	Reciclar
2	Repisa cebolla y lechuga	Aluminum, 6082, T6	% típico	2,099	Extrusión, laminado	Reciclar
1	Repisa tomate-pimentón	Aluminum, 6082, T6	% típico	1,343	Extrusión, laminado	Reciclar
1	Repisa zanehona	Aluminum, 6082, T6	% típico	4,45	Extrusión, laminado	Reciclar
92	Seguros para almohadas	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,005046	Extrusión, laminado	Reciclar
1	Contenedor	Aluminum, 6082, T6	% típico	679,4	Extrusión, laminado	Reciclar
16	Soportes separaciones de sección	Stainless steel, austenit...	% típico	0,1415	Extrusión, laminado	Reciclar
16	Soportes bases para repisas	Stainless steel, austenit...	Virgen (0%)	0,0907	Extrusión, laminado	Reciclar
4	Ruedas	PA410 (impact modified)	Virgen (0%)	0,1734	Moldeo de polímeros	Reciclar
4	Unión ruedas	Stainless steel, austenit...	% típico	0,2403	Extrusión, laminado	Reciclar
1	Marco de la puerta	Aluminum, 6082, T6	% típico	20,57	Perfilado	Reciclar
1	Goma de la puerta	SEBS (Shore A50)	Virgen (0%)	3,67	Extrusión de polímeros	Reciclar
1	Vidrio de la puerta	Borosilicate - 7740	% típico	52,32	Moldeo de vidrio	Reciclar
1	Seguro de la puerta	Stainless steel, austenit...	% típico	0,6597	Extrusión, laminado	Reciclar
2	Bisagras	Stainless steel, austenit...	% típico	0,0429	Extrusión, laminado	Reciclar
1	Magueras	Ethylene propylene (dien...	Virgen (0%)	0,09903	Moldeo de polímeros	Reutilizar
216	Tornillos	Stainless steel, austenit...	% típico	0,01768	Extrusión, laminado	Reciclar

Para el desarrollo del estudio realizado en Eco Audit, se suministraron los siguientes valores hipotéticos para el sistema; vida promedio del producto (sistema) de 20 años, transporte en un camión de 40 toneladas por una distancia de 10km y como fin de vida de cada material se buscó que estos fueran reciclables o reutilizables. Aplicada toda esta información en el software se obtiene la gráfica de huella de CO2 y la gráfica de energía correspondiente al sistema. La figura

21 muestra la huella de CO2 obtenida por el estudio de Eco Audit. La figura 22 muestra la huella de energía obtenida por el estudio de Eco Audit.

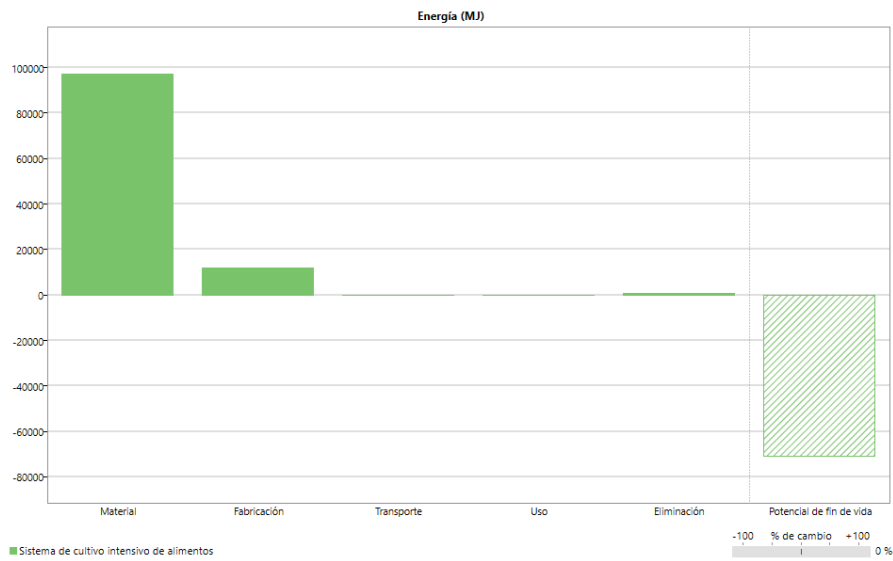
**Figura 21**

*Gráfica de huella de CO2 producida por el sistema*



**Figura 22**

*Gráfica de energía consumida por el sistema*



Finalmente, se obtiene el informe de la huella de CO<sub>2</sub> generado por Eco Audit. El informe general obtenido por la herramienta de Eco Audit se encuentra en el Apéndice G.

Gracias a este informe se puede ver detalladamente la huella de CO<sub>2</sub> de cada componente (pieza) en cada etapa del estudio, empezando por la selección de materiales, seguido de los procesos de fabricación, el transporte, uso y eliminación.

#### **4. Conclusiones**

Se planteó un sistema de cultivo intensivo buscando agregar vegetales frescos a la tripulación de la estación internacional y el cual buscaba a su vez reutilizar los gases residuales de una celda de hidrogeno. Para esto, se planteó el uso de inyección de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de las plantaciones que se llevarán a cabo dentro del sistema de cultivo intensivo, así el CO<sub>2</sub> expulsado de la celda de hidrógeno debido a la electrolisis de urea se reutiliza en la fotosíntesis de las plantas.

Fue posible el diseño de modelos 3D mediante el software fusión 360, estos modelos consistieron en las piezas que componen el sistema de cultivo intensivo que se plantea. Adicionalmente, se diseñaron también los respectivos planos en 2D de dichas piezas.

Se buscó que la selección de materiales para este diseño fuera lo mas amigable con el ambiente posible, por ellos se seleccionaron materiales reciclables o reutilizables, también se tuvo en cuenta el consumo de agua que conlleva a la utilización de estos materiales y esto se comprobó mediante el estudio de Eco Audit realizado mediante el software EduPack.

Basándose en los fundamentos teóricos, más específicamente en el estudio Veggie de la NASA, se pudo llegar a la conclusión de que las plantaciones no podrían recibir el agua que necesitan para su crecimiento en forma de riego debido a la falta de gravedad, por ello se propuso

el uso de mangueras las cuales llegan directamente a cada almohada de tierra y las humedece dependiendo de la necesidad de la planta.

## **5. Recomendaciones**

Se sugiere la creación y estructuración de un prototipo basado en el diseño presentado, teniendo en cuenta los planos 2D y las piezas 3D suministradas, como también los materiales propuestos. Adicionalmente, se recomienda realizar plantaciones de prueba en el prototipo, tratando de aplicar las condiciones más similares a las cuales se quiere llevar el sistema.

Finalmente, se recomienda realizar pruebas de riego para las plantaciones teniendo en cuenta la falta de gravedad en el espacio, para así encontrar la formica más adecuada para humectación de la tierra en cada plantación.

### Referencias Bibliográficas

- Absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. (s/f). Interempresas. Recuperado el 8 de abril de 2023, de <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/45378-Absorcion-de-CO2-por-los-cultivos-mas-representativos-de-la-Region-de-Murcia.html>
- Administration, N. A. a. S. (2020). Veggie. In NASAfacts.
- Agricultura. El cultivo de la lechuga. (s/f). Infoagro.com. Recuperado el 8 de abril de 2023, de <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- Akse, J. R. (1992). Catalytic methods using molecular oxygen for treatment of PMMS and ECLSS waste streams, volume 2.
- Albright, L. D., & Langhans, R. W. (1996). Controlled environment agriculture scoping study. Electric Power Research Institute.
- Antolinez Vera, A., Villamizar, J. L., Espinosa, J., & SENA, S. N. d. A. (1991). Cultivo de cebolla junca. In.
- Bailey, G. E. (2019). Vertical farming. Alpha Edition.
- Ben David, R. (2020, febrero 18). Infarm's tech-powered micro farms deliver fresh produce on-site in urban settings. NoCamels. <https://nocamels.com/2020/02/infarm-tech-micro-farms-fresh-produce-urban/>
- Beth, G. (2019). Growing Plants in Space. Teacher Created Materials.
- Birkby, J. (2016). Vertical farming. ATTRA sustainable agriculture, 2, 1-12.
- Bogotá, C. d. C. d. (2015). Manual Zanahoria. In.

Bojacá, C. R., Villagrán, E. A., Gil, R., & Franco, H. (2017). El riego y la fertilización del cultivo del tomate. In Guía técnica de campo.

Cómo cultivar lechugas. (1d. C., enero 1). Corrys.com; Comun que se con Corry's. <https://www.corrys.com/es/resources/how-to-grow-lettuce>

Cómo lograr las cebollas más grandes y de mejor calidad en tu huerta. (2019, febrero 22). Infocampo. <https://www.infocampo.com.ar/como-lograr-obtener-las-cebollas-mas-grandes-y-de-mejor-calidad-en-tuu-huerta/>

¿Cuál es el rango de temperatura en una nave o estación espacial típica? (s/f). Quora. Recuperado el 4 de abril de 2023, de <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-el-rango-de-temperatura-en-una-nave-o-estaci%C3%B3n-espacial-t%C3%ADpica>

"¿Cuándo es la fuerza g máxima experimentada por un astronauta?" ("¿Cuándo es la fuerza g máxima experimentada por un astronauta ...") (s/f). Quora. Recuperado el 17 de abril de 2023, de <https://es.quora.com/Cu%C3%A1ndo-es-la-fuerza-g-m%C3%A1xima-experimentada-por-un-astronauta>

¿Cuántas horas de sol necesitan mis cultivos? (2022, agosto 29). Siembra Permacultura. <https://siembra-permacultura.es/cuantas-horas-de-sol-necesitan-mis-cultivos/>

De, P., & De Calidad, P. (s/f). Semilleros para la producción de planta de calidad. Conceptos para el manejo eficiente del riego. Serida.org. Recuperado el 8 de abril de 2023, de <http://www.serida.org/pdfs/271.pdf>

Familiar, B. (2018). Tabla de composición de alimentos colombianos. [https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac\\_web.pdf](https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf)

Fornaris, G. J. (2007). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate. In **CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA.**

Hansen, P. J. (s/f). Cómo sembrar, cultivar y cosechar pimientos. Gardentech.com. Recuperado el 8 de abril de 2023, de <https://www.gardentech.com/es/blog/garden-and-lawn-protection/growing-your-own-bell-peppers>

Hawkins, M. (2020). Lechuga: Un breve libro ilustrado de hechos para ayudar a los niños a entender las frutas y verduras. Libro ilustrado y educativo para niños de 4 a 10 años. Independently Published.

Hogarmania. (2013, junio 17). Cómo plantar pimientos en la huerta. Hogarmania. <https://www.hogarmania.com/jardineria/mantenimiento/huerta/plantar-pimientos-huerta-20523.html>

(Huella de Carbono, 2019)

Huella de Carbono. (2019, noviembre 5). Oficina de Gestión ambiental. <https://ogabogota.unal.edu.co/huella-de-carbono/>

International Space Station Facts and Figures. (2016). <https://www.nasa.gov/feature/facts-and-figures>

La ISS: la Estación Espacial Internacional. (s/f). Esa.int. Recuperado el 4 de abril de 2023, de [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Habla\\_ISS/font\\_size\\_2\\_La\\_ISS\\_la\\_Estacion\\_Espacial\\_Internacional\\_font](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Habla_ISS/font_size_2_La_ISS_la_Estacion_Espacial_Internacional_font)

LG launches innovative home appliance that grows vegetables indoors. <https://www.showmetech.com.br/en/lg-launches-indoor-vegetable-grower/>

Martín, J. I. (2015, mayo 21). Tiempo de lechugas... en nuestro balcón. El Correo. <https://www.elcorreo.com/bizkaia/planes/201505/22/tiempo-lechugas-nuestro-balcon-20150518132242.html>

- Martinez, B. (2020, enero 3). CES 2020: LG launches innovative home appliance that grows vegetables indoors. Showmetech. <https://www.showmetech.com.br/en/1g-lanca-cultivador-indoor-de-hortalicas/>
- Massa, G. D., Dufour, N. F., Carver, J. A., Hummerick, M. E., Wheeler, R. M., Morrow, R. C., & Smith, T. M. (2017). VEG-01: Veggie hardware validation testing on the International Space Station. *Open Agriculture*, 2(1), 33-41.
- Miller, & Victor. (2020). CES 2020:
- Mula, J. A. (2012, noviembre 5). Cómo realizar el cultivo del pimiento en tu huerto o jardín. Agromática. <https://www.agromatica.es/cultivo-del-pimiento/>
- Mula, J. A. (2014, mayo 21). Guía imprescindible del cultivo del tomate. Agromática. <https://www.agromatica.es/cultivo-de-tomates/>
- National Aeronaut Administration (Nasa). (2018). Catalytic methods using molecular oxygen for treatment of pmms and eclss waste streams, volume 2. Createspace Independent Publishing Platform.
- Peso de los alimentos. (s/f). lococinare.com. Recuperado el 8 de abril de 2023, de <https://lococinare.com/peso-de-los-alimentos/>
- Stanko, A., & Romero, E. L. (s/f). ADECUACIÓN DE EDIFICACIONES INDUSTRIALES PARA CULTIVOS EN AMBIENTES CONTROLADOS. Ucv.ve. Recuperado el 10 de noviembre de 2022, de <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19254/1/EE-04.pdf>
- Tervex. (s/f). Tervex.com. Recuperado el 17 de abril de 2023, de <https://www.tervex.com/producte.php?p=12&newlang=es>
- Thomsen, M. (2020, enero 9). Forget about using the kitchen to store food, LG reveals a new refrigerator designed to grow food. Daily mail.

<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-7866825/Forget-using-kitchen-store-food-LG-reveals-new-refrigerator-designed-grow-food.html>)

Vaknin, L. (2020). Infarm's tech-powered micro farms deliver fresh produce on-site in urban.

Wheeler, R. M., & Sager, J. C. (2006). Crop Production for Advanced Life Support Systems In.

## Apéndices

### Apéndice A. Valores nutricionales de los alimentos seleccionados.

Los alimentos seleccionados fueron elegidos para ser un complemento saludable en la dieta de los tripulantes de la ISS, por ello, se presentan a continuación los valores nutricionales de estos.

**Tabla 15**

*Valores nutricionales de los vegetales seleccionados.*

Alimentos	Humedad (g)	Energía (kcal)	Energía (kJ)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos totales (g)	Carbohidratos disponibles (g)
Cebolla larga	91,4	37	156	1,2	0,1	6,8	4,8
Lechuga	92,6	30	125	0,7	0	5,9	4,3
Pimentón	91,9	35	149	1	0,3	6,3	4,6
Tomate	94,3	23	98	0,9	0,1	4,1	2,9
Zanahorias	88,9	46	195	0,9	0,2	9,5	8,2

Nota. Datos tomados de (Familiar, 2018)

**Tabla 16**

*Valores nutricionales para la ensalada 1 para ocho tripulantes*

Alimentos	Porción ocho tripulantes ensalada 1	Energía (kcal)	Carbohidratos totales (g)
Cebolla	4	148	27,2
Lechuga	0,5	15	2,95
Pimentón	0	0	0
Tomate	0	0	0
Zanahorias	2	92	19
	<b>Total</b>	<b>255</b>	<b>49,15</b>

**Tabla 17**

*Valores nutricionales para la ensalada 2 para ocho tripulantes*

Alimentos	Porción ocho tripulantes ensalada 2	Energía (kcal)	Carbohidratos totales (g)
cebolla	4	148	27,2
lechuga	0	0	0
Pimentón	2	70	12,6
tomate	0	0	0

zanahorias	2	92	19
	<b>Total</b>	310	58,8

**Tabla 18**

*Valores nutricionales para la ensalada 3 para ocho tripulantes*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción ocho tripulantes ensalada 3</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
cebolla	4	148	27,2
lechuga	0,5	15	2,95
Pimentón	0	0	0
tomate	4	92	16,4
zanahorias	0	0	0
	<b>Total</b>	255	46,55

**Tabla 19**

*Valores nutricionales para la ensalada 1 durante un mes para ocho tripulantes*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción para ocho tripulantes por un mes ensalada 1</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
cebolla	40	1480	272
lechuga	5	150	29,5
Pimentón	0	0	0
tomate	0	0	0
zanahorias	20	920	190
	<b>Total</b>	2550	491,5

**Tabla 20**

*Valores nutricionales para la ensalada 2 durante un mes para ocho tripulantes*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción para ocho tripulantes por un mes ensalada 2</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
cebolla	40	1480	272
lechuga	0	0	0
Pimentón	20	700	126
tomate	0	0	0
zanahorias	20	920	190
	<b>Total</b>	3100	588

**Tabla 21**

*Valores nutricionales para la ensalada 3 durante un mes para ocho tripulantes*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción para ocho tripulantes por un mes ensalada 3</i>	<i>Energía (kcal)</i>	<i>Carbohidratos totales (g)</i>
cebolla	40	1480	272
lechuga	5	150	29,5
Pimentón	0	0	0
tomate	40	920	164
zanahorias	0	0	0
	<b>Total</b>	2550	465,5

**Apéndice B.** Cálculos de dimensiones y cantidad de plantas a cultivar.

Para poder calcular las porciones de alimentos necesarias por ensalada se inicia escribiendo la porción personal de vegetales por ensalada, seguido a esto, se multiplican estos vegetales para obtener las porciones de vegetales para ocho tripulantes, y por último se calculan los vegetales que se necesitaran para estos ocho tripulantes por un mes, para esto se plantea el consumo de una ensalada por día intercalando estas por 30 días.

**Tabla 22**

*Porción personal de alimentos en cada ensalada.*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción personal ensalada 1</i>	<i>Porción personal ensalada 2</i>	<i>Porción personal ensalada 3</i>
Cebolla	0,5	0,5	0,5
Lechuga	0,0625	0	0,0625
Pimentón	0	0,25	0
Tomate	0	0	0,5
Zanahorias	0,25	0,25	0

**Tabla 23**

*Porción de alimentos en cada ensalada para ocho tripulantes.*

<i>Alimentos</i>	<i>Porción ocho tripulantes ensalada 1</i>	<i>Porción ocho tripulantes ensalada 2</i>	<i>Porción ocho tripulantes ensalada 3</i>	<i>Total 3 ensaladas</i>
------------------	--	--	--	--------------------------

Cebolla	4	4	4	12
Lechuga	0,5	0	0,5	1
Pimentón	0	2	0	2
Tomate	0	0	4	4
Zanahorias	2	2	0	4

**Tabla 24**

*Alimentos necesarios para las tres ensaladas durante un mes.*

<i>Alimentos</i>	<i>Total, alimentos en las tres ensaladas para ocho tripulantes</i>	<i>Total, alimentos en las tres ensaladas por un mes para ocho tripulantes</i>
Cebolla	12	120
Lechuga	1	10
Pimentón	2	20
Tomate	4	40
Zanahorias	4	40

Para calcular la cantidad de plantas que se necesitan para cumplir con los alimentos necesarios para realizar las tres ensaladas en un mes se supone una cantidad de posibles vegetales que crecerán por plantación, adicionalmente se usa el total de alimentos necesarios para las tres ensaladas por un mes de la tabla 16 y así poder calcular la cantidad de plantas necesarias por cada vegetal.

**Tabla 25**

*Plantas necesarias para cultivar alimentos para ocho tripulantes en un mes.*

<i>Alimentos</i>	<i>Plantación</i>	<i>Plantas que se necesitan por mes para ocho tripulantes</i>
Cebolla	12 Gajos por planta	10
Lechuga	1 Por planta	10
Pimentón	10 Por planta	2
Tomate	10 Por planta	4
Zanahorias	2 Por semilla	20

Usando la cantidad de plantas necesarias, y el espacio ocupado por cada plantación, se dimensionan las repisas y las separaciones dentro del contenedor pensando en los espacios necesarios para el crecimiento de la planta. Conociendo el tamaño de las repisas se dimensiona el resto del sistema, a continuación, se muestra la secuencia de dimensionamiento aplicada en el sistema. Espacio para la tierra y planta → almohadas → Base para almohadas → Repisas → Secciones para cada vegetal → Contenedor (Paredes, techo, fondo y piso).

**Tabla 26**

*Dimensionamiento general de las piezas generales del sistema.*


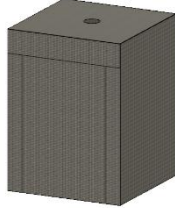
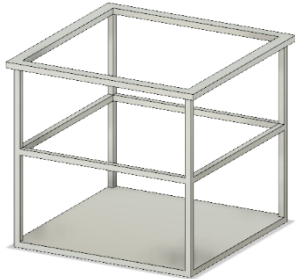
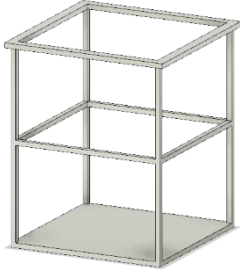

<i>Dimensiones</i>	<i>cm</i>
Espacio tierra	15 a 20
Espacio planta	30 a 80
Almohadas grandes	15 x 15 x 15
Almohadas pequeñas	15 x 15 x 20
Base almohadas grandes	15 x 17 x 17
Base almohadas pequeñas	20 x 17 x 17
Repisa cebolla y lechuga	10 espacios para almohadas de 17 x 17
Repisa pimentón y tomate	6 espacio para almohadas de 17 x 17
Repisas zanahorias	20 espacios para almohadas de 17x 17
Sección 1	Repisa de zanahorias x 20 x 30
Sección 2	Repisa de cebolla x 20 x 30
Sección 3	Repisa de lechuga x 15 x 30
Sección 4	Repisa de pimentón y tomate x 15 x 80
Contenedor	158 x 92 x 74

### **Apéndice C.** Despiece total del sistema (piezas 3D)

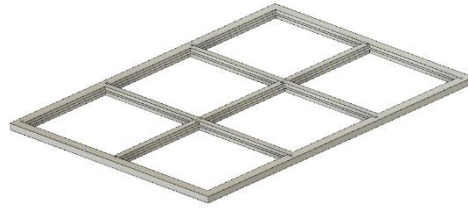
A continuación, en la tabla 27, se presentan las piezas del sistema, con su respectiva cantidad y forma en 3D.

**Tabla 27**

*Despiece del sistema.*

<i>Despiece del sistema</i>			
<b>Pieza</b>	<b>Cant.</b>	<b>Piezas detalladas</b>	<b>Piezas 3D</b>
Almohadas	16	Almohada pequeña	
	30	Almohada grande	
Base para la almohada	16	Bases pequeñas	
	30	Bases grandes	
Repisas	2	Repisa cebolla y lechuga	

1 Repisa  
tomate y  
pimentón



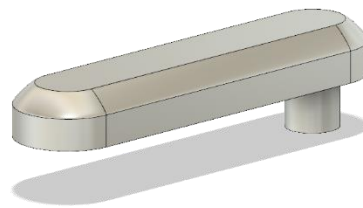
1 Repisa  
zanahoria



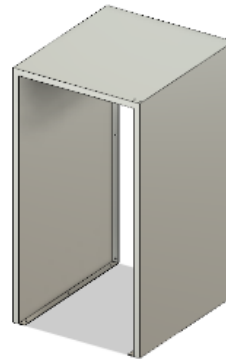
Seguros de  
almohadas

92

-



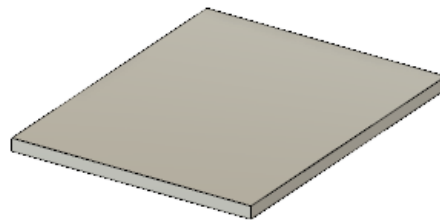
1 Paredes y  
techo



Contenedor

1

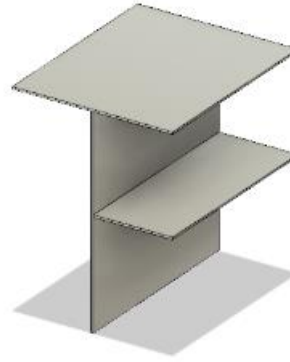
Piso



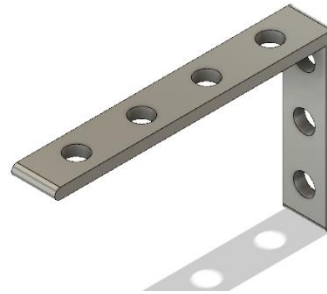
1 Fondo



- 1 Separación de sección 1
- 1 Separación de sección 2
- 1 Separación de sección 3



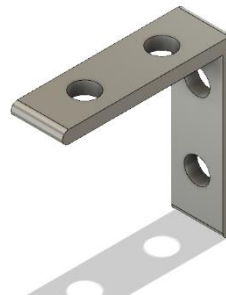
- 16 Soportes separaciones de sección



- 8 Base para repisas

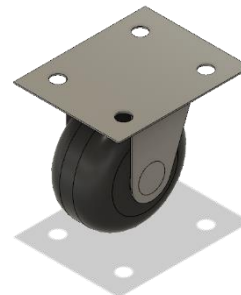


- 16 Soportes bases para repisas



Base rodante

- 4 -



Puerta 1 Marco

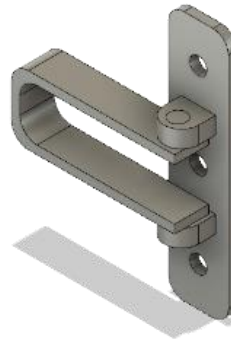
1 Goma

1 Vidrio



1 Base plana 1  
(Va en la  
puerta)

Seguro de  
la puerta



1 Base plana 2  
(Va en la  
pared del  
contenedor)



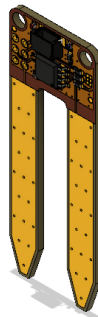

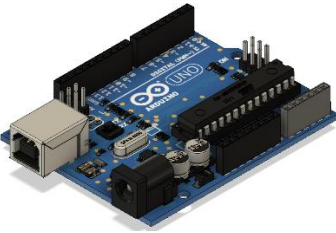
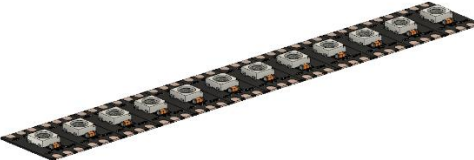
Bisagra

2


-



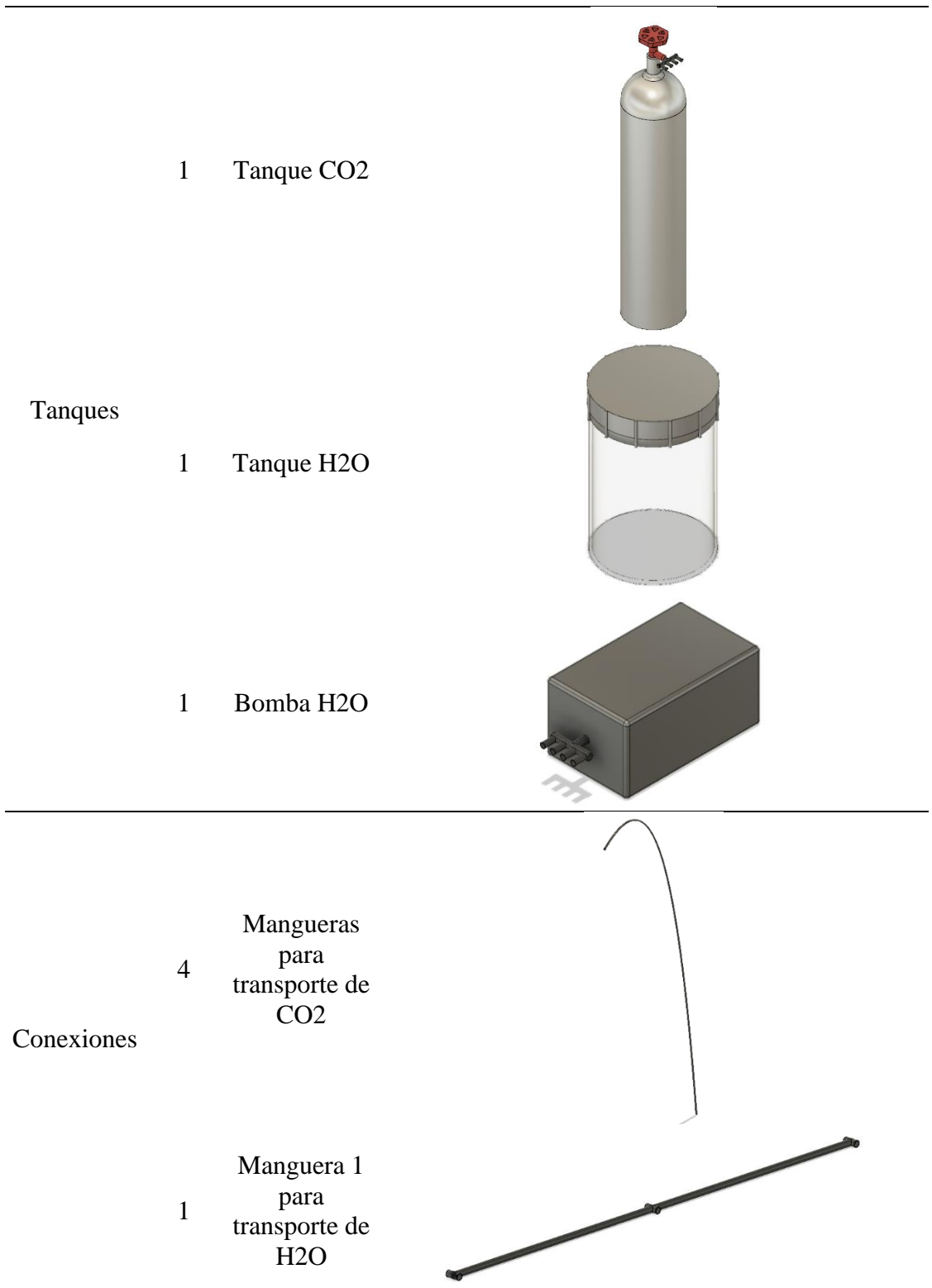
---


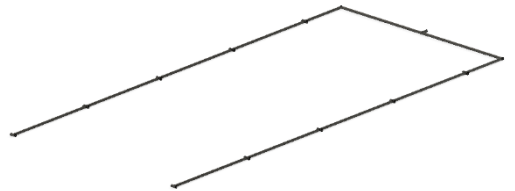
Sistema Arduino de sensores y luces LED	4	Sensor de humedad	
	4	Sensor de CO2	
	4	Arduino	
	8	Tiras LED	

---

Tornillos	216	-	
-----------	-----	---	--

---

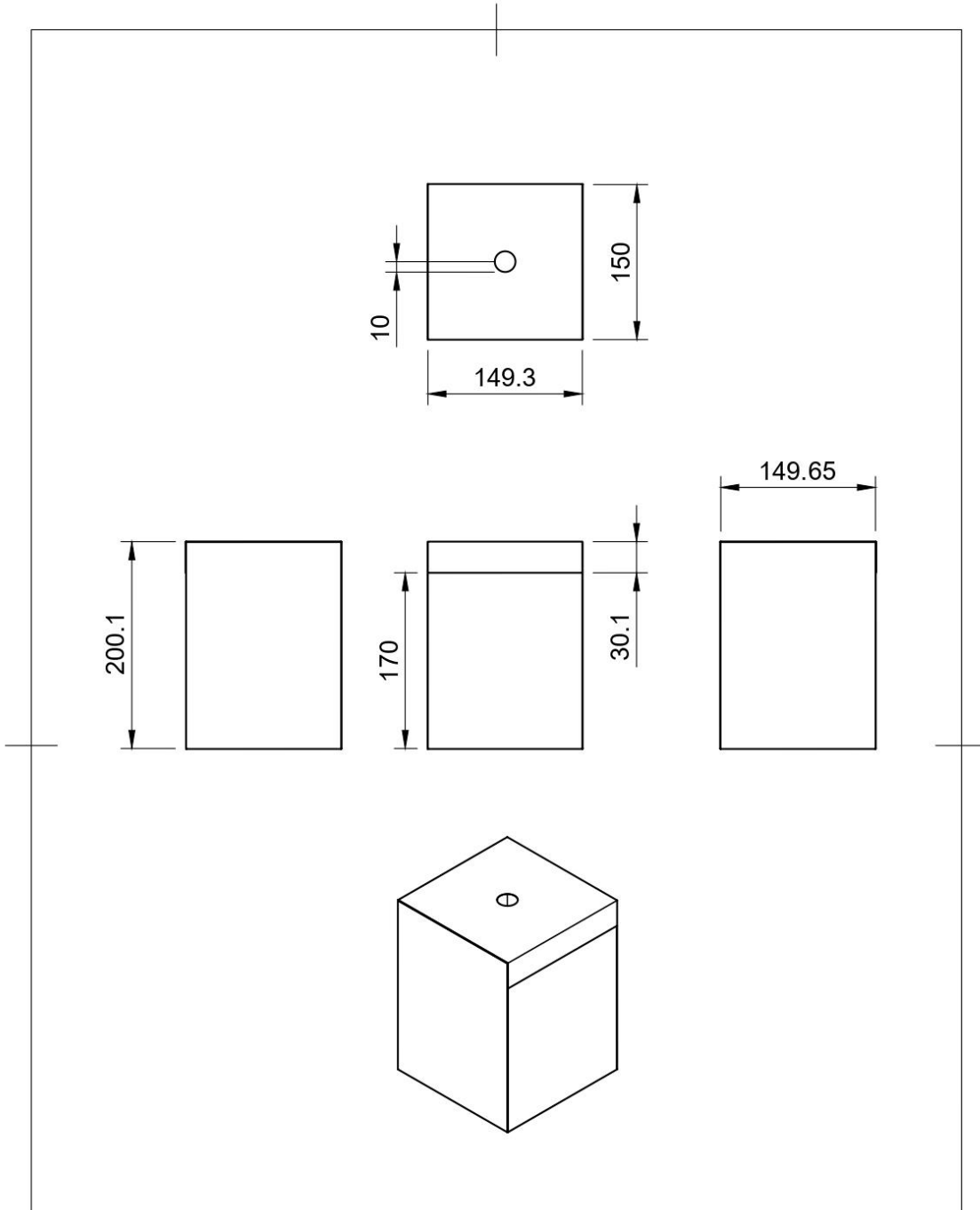


2	Manguera 2 para transporte de H2O	
1	Manguera 3 para transporte de H2O	
<b>492</b>	<b><i>Total, de piezas</i></b>	-

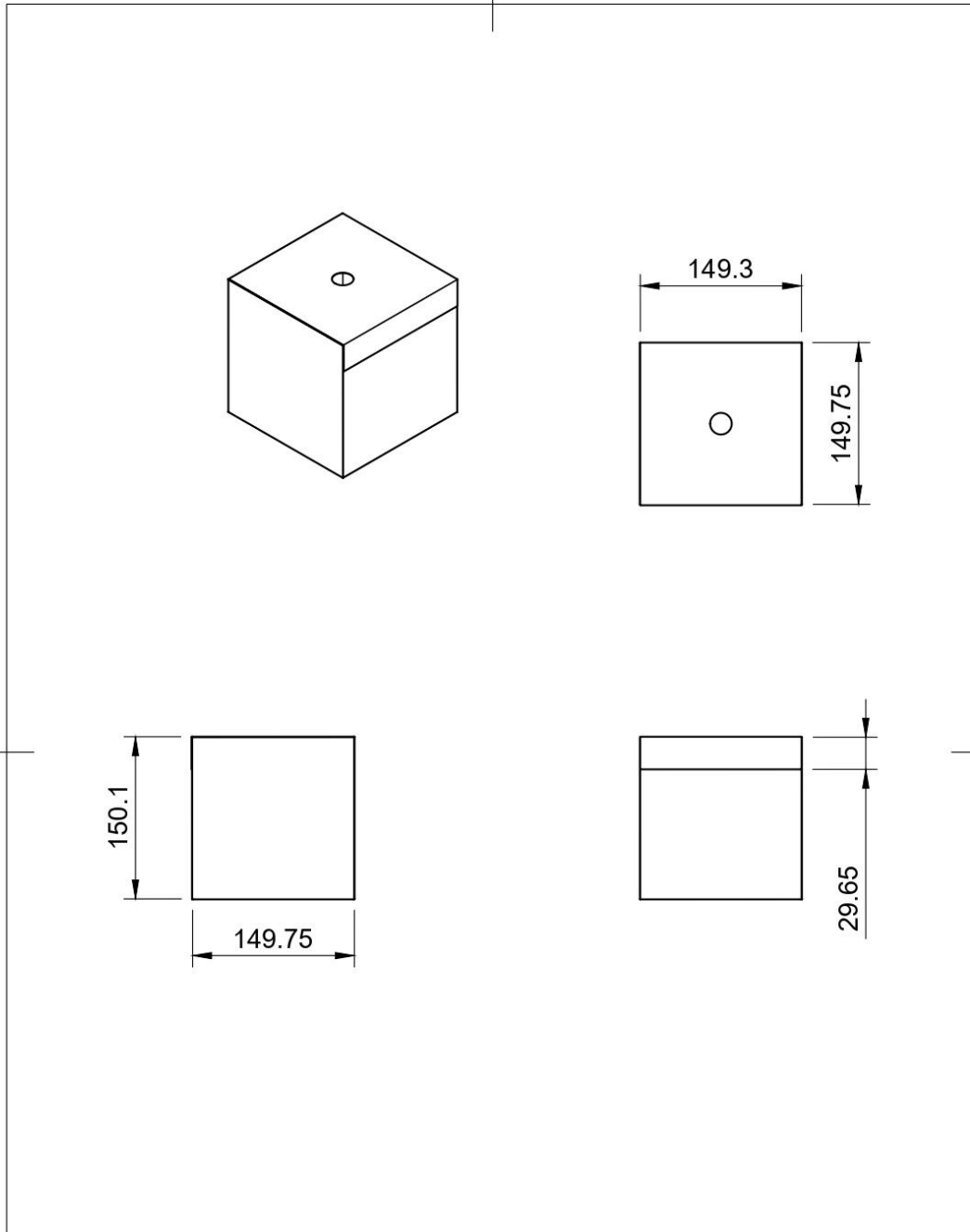
Nota. Todas las piezas presentadas en esta tabla fueron creadas por el autor del proyecto, a excepción del Arduino (Sensores, luces LED, etc.) estos fueron tomados de la nube de piezas GrabCAD.

**Apéndice D.** Planos 2D del sistema.

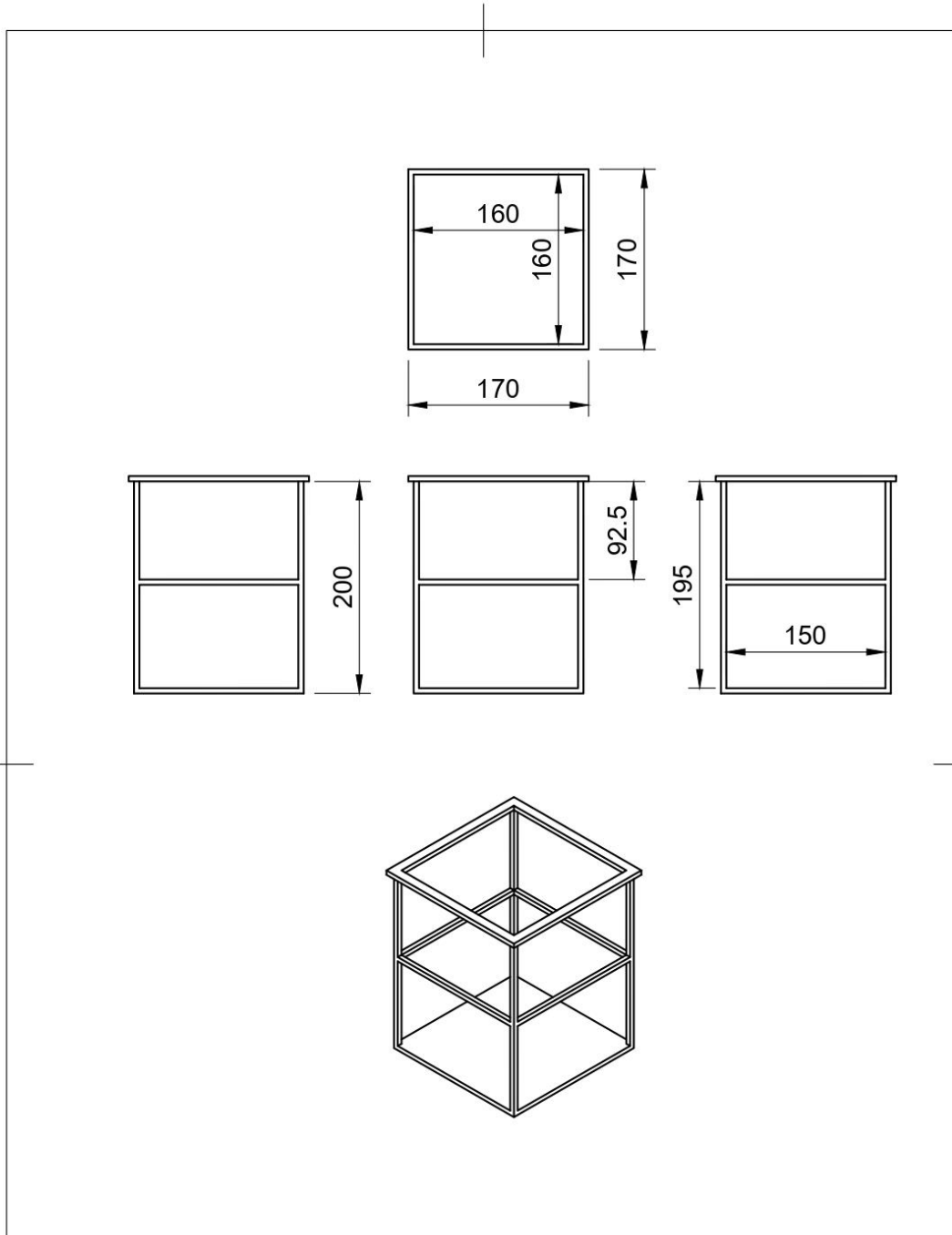
En el presente apéndice se encuentran los planos correspondientes a cada una de las piezas descritas en el apéndice C. Estos planos muestran las piezas desde distintas vistas y sus medidas correspondientes.



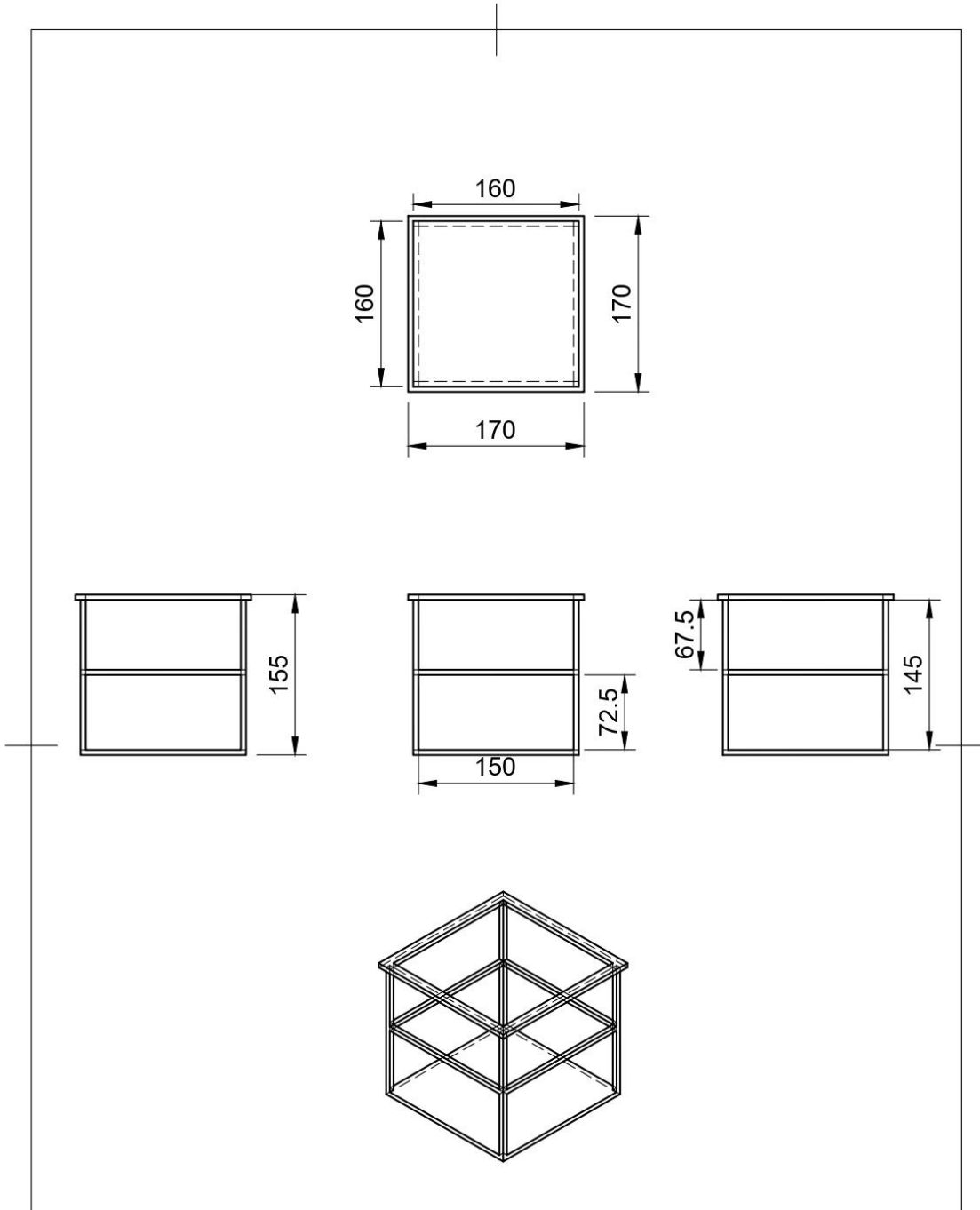
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Almohada cebolla y zanahoria</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>1/1</b>	



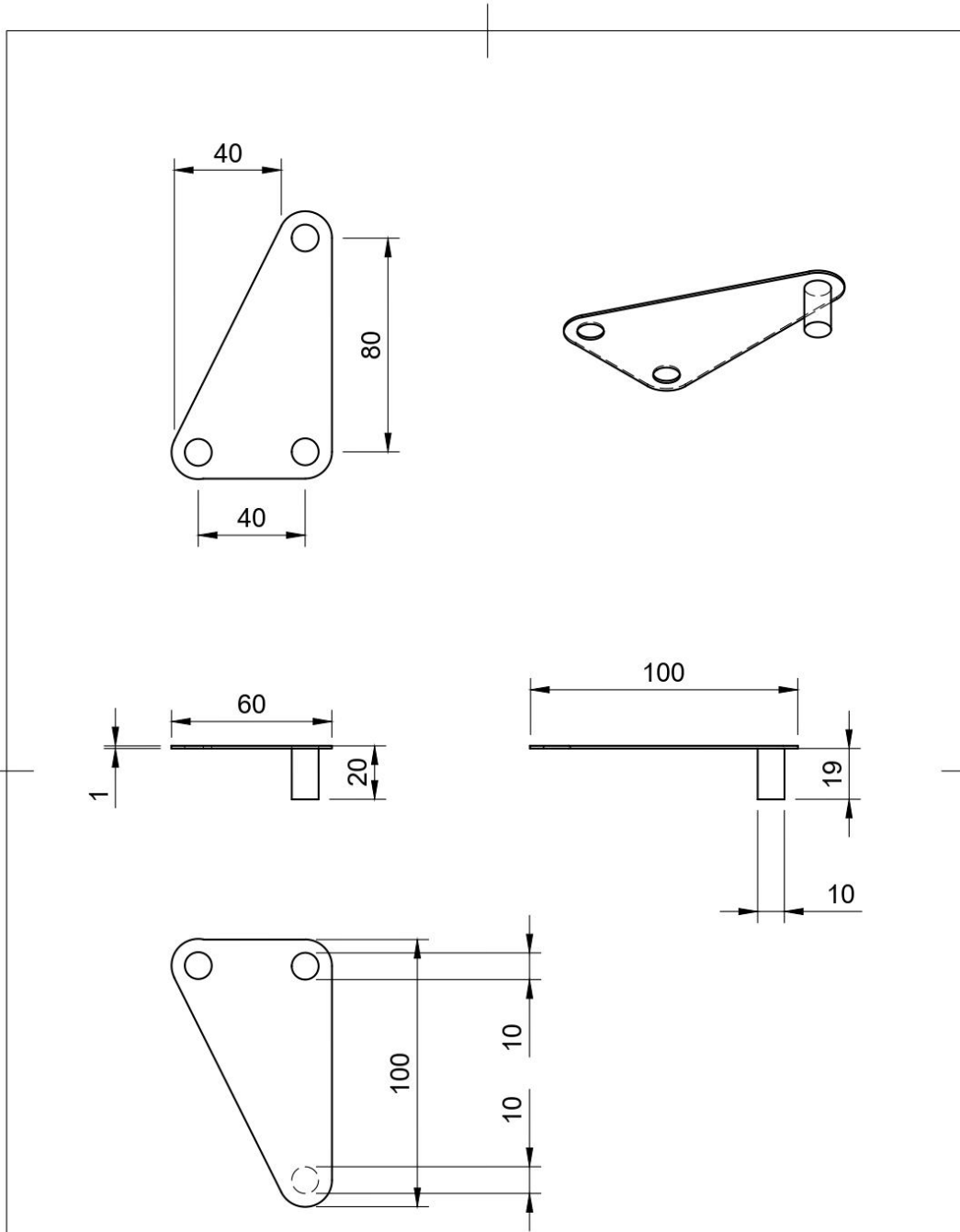
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Almohada lechuga, pimentón y tomate</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>1/1</b>	



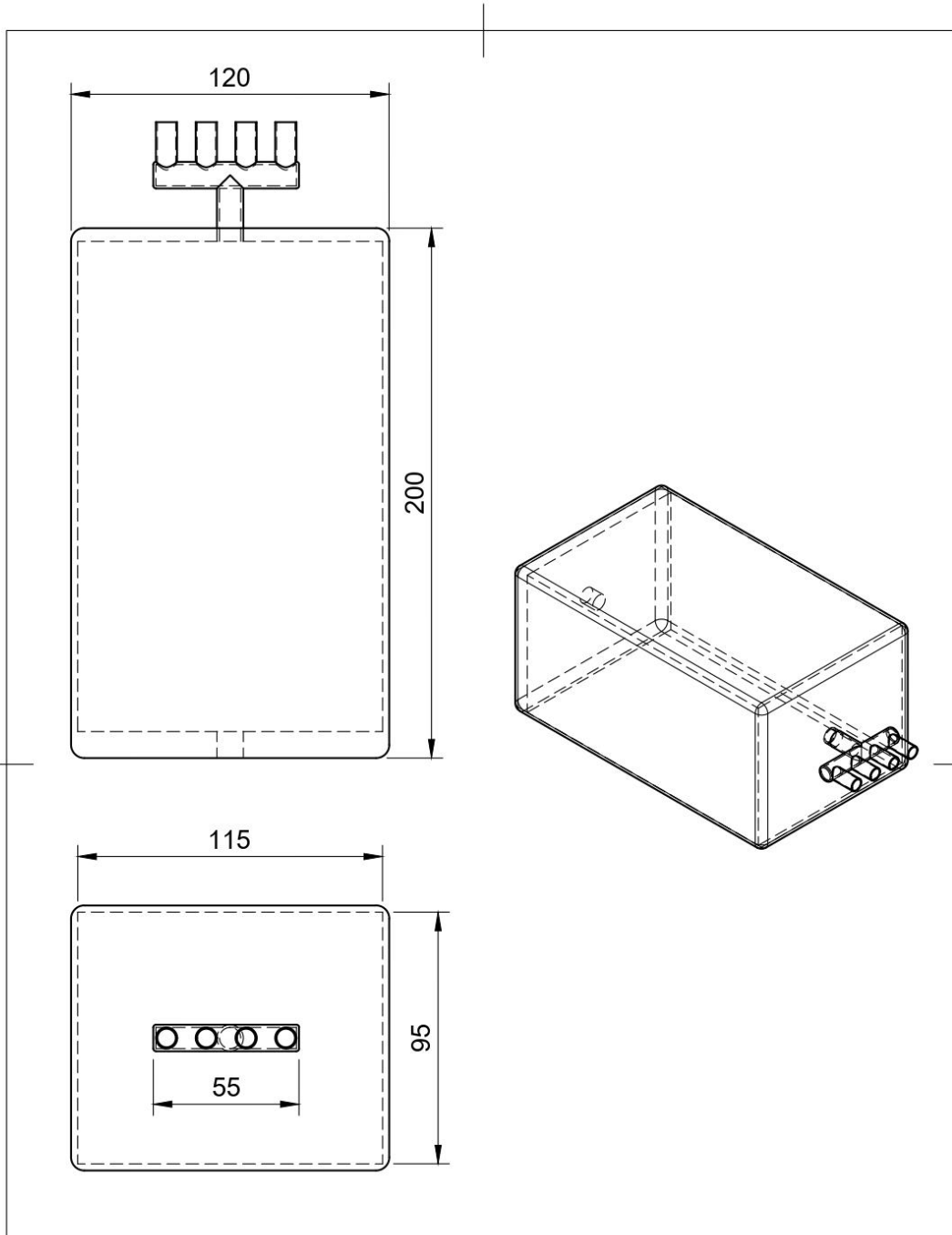
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Almohada cebolla y zanahoria</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>1/1</b>	



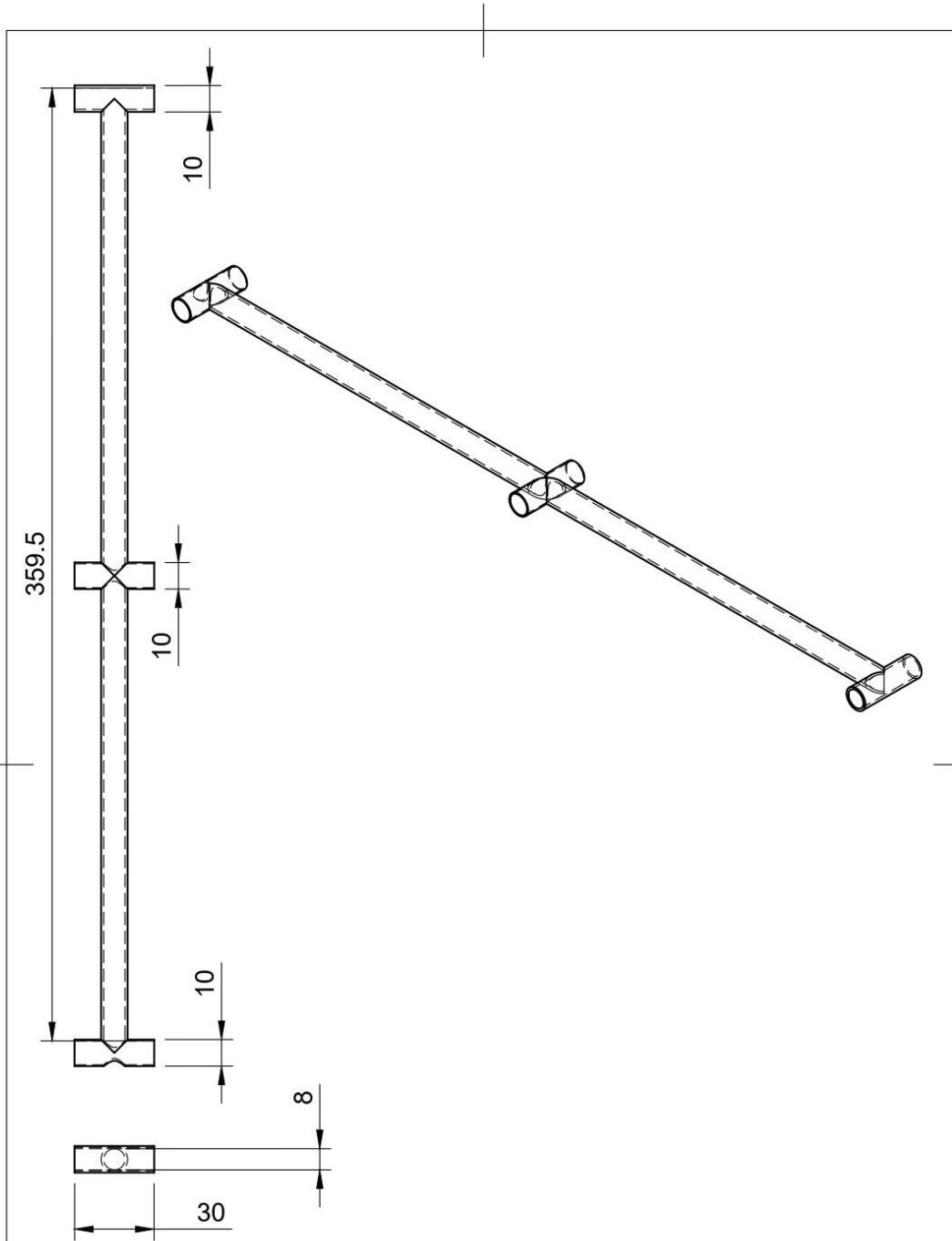
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Almohada lechuga, pimentón y tomate</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>1/1</b>	



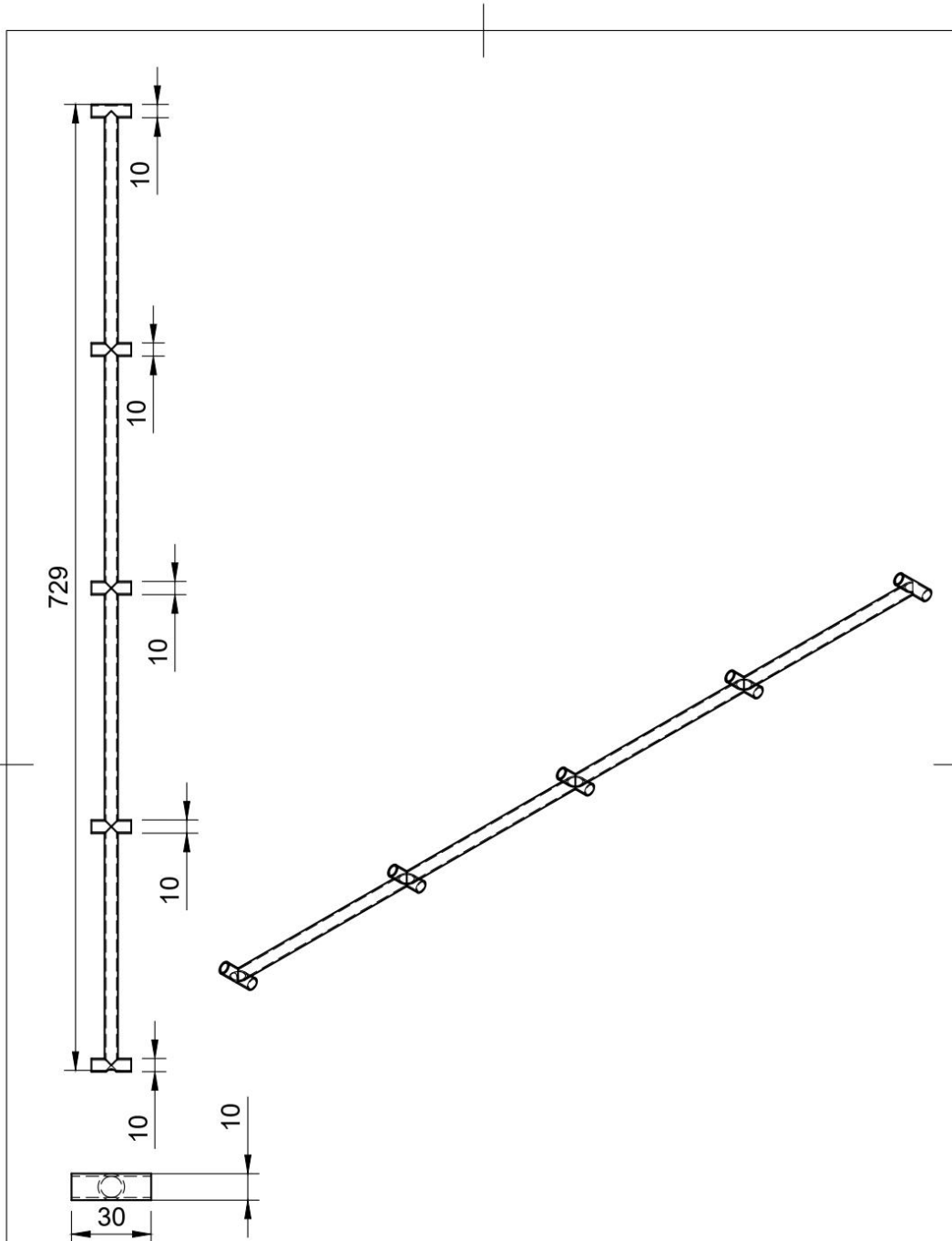
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Bisagra</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



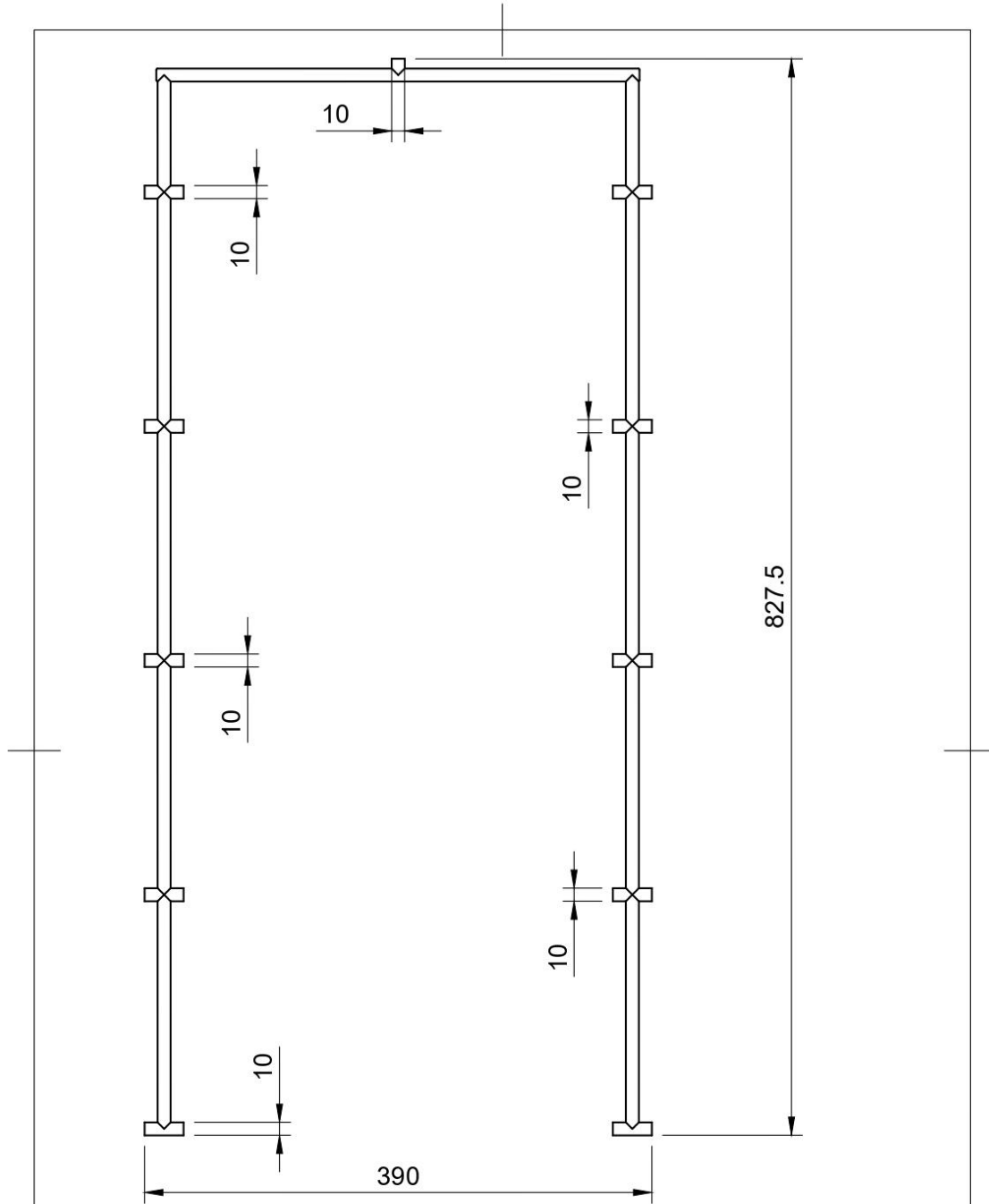
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Bomba de agua</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



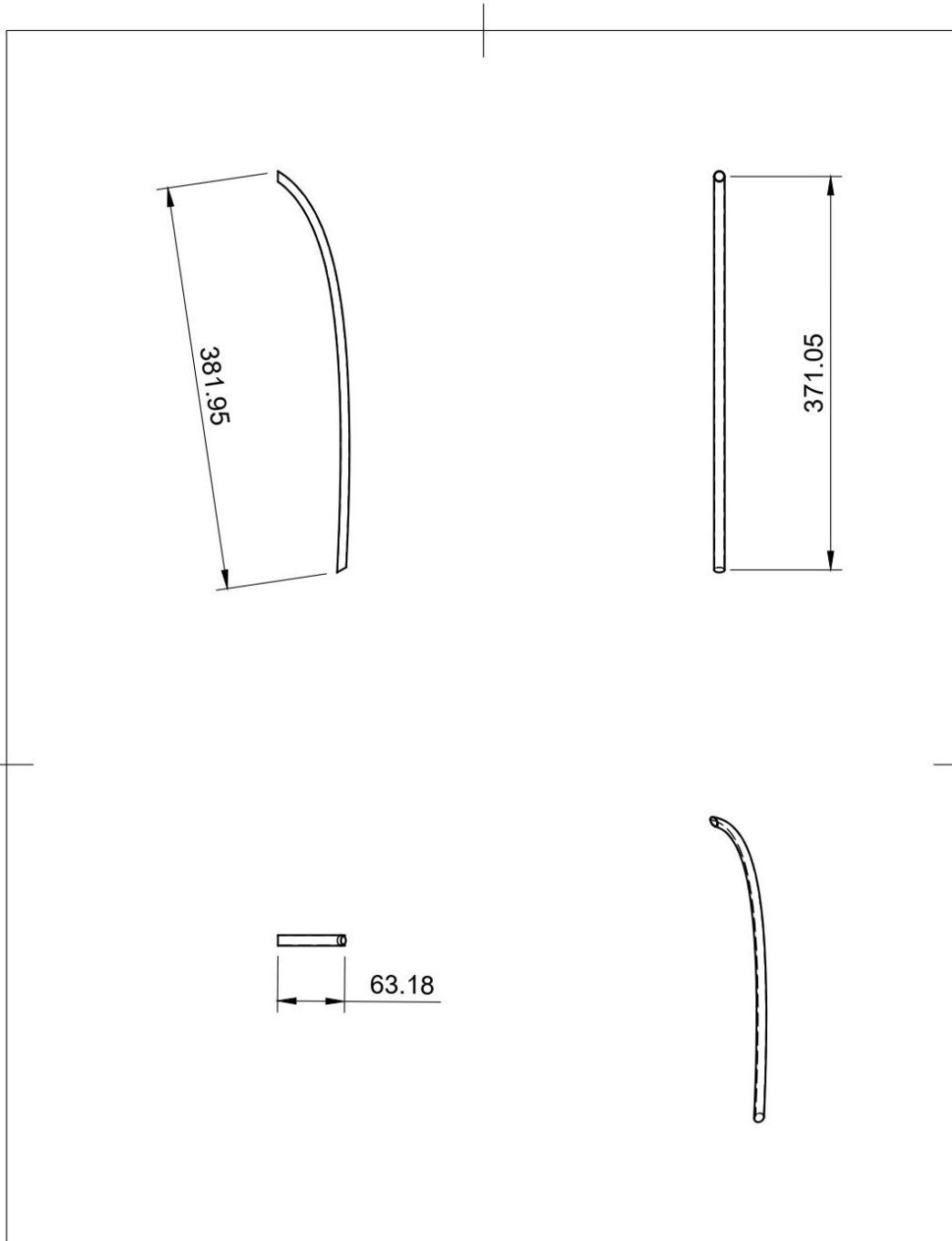
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Manguera 1</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



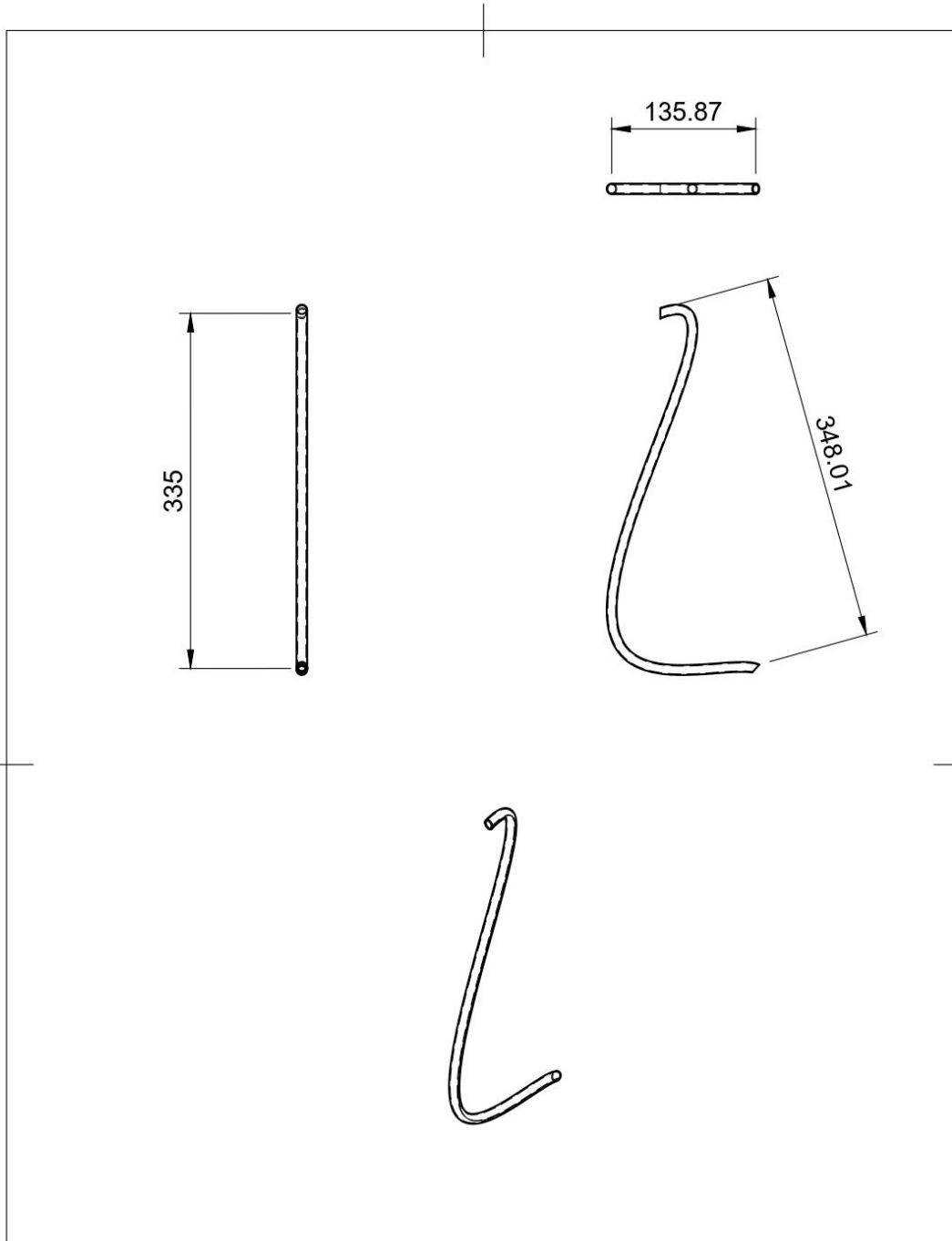
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Manguera 2</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



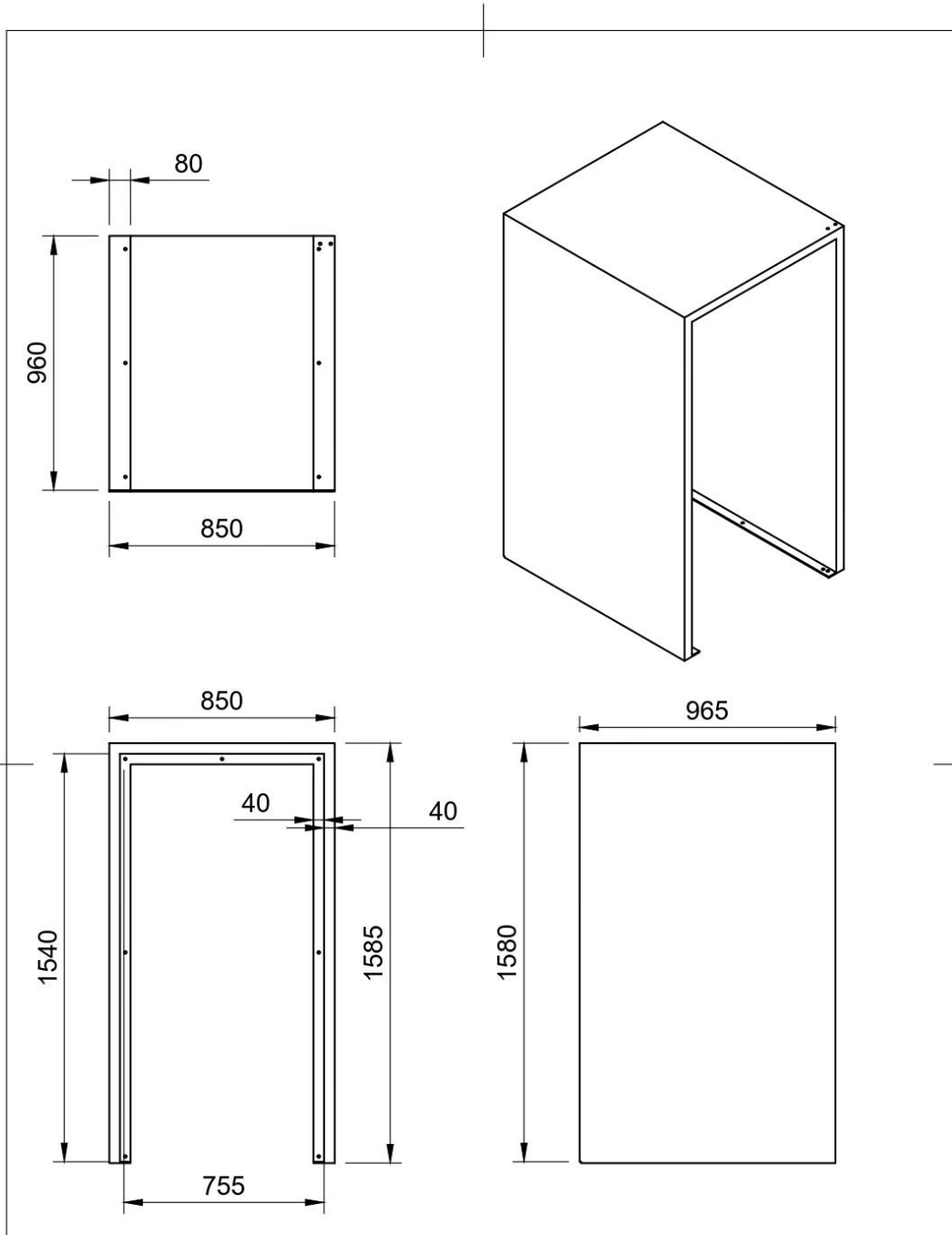
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Manguera 3</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



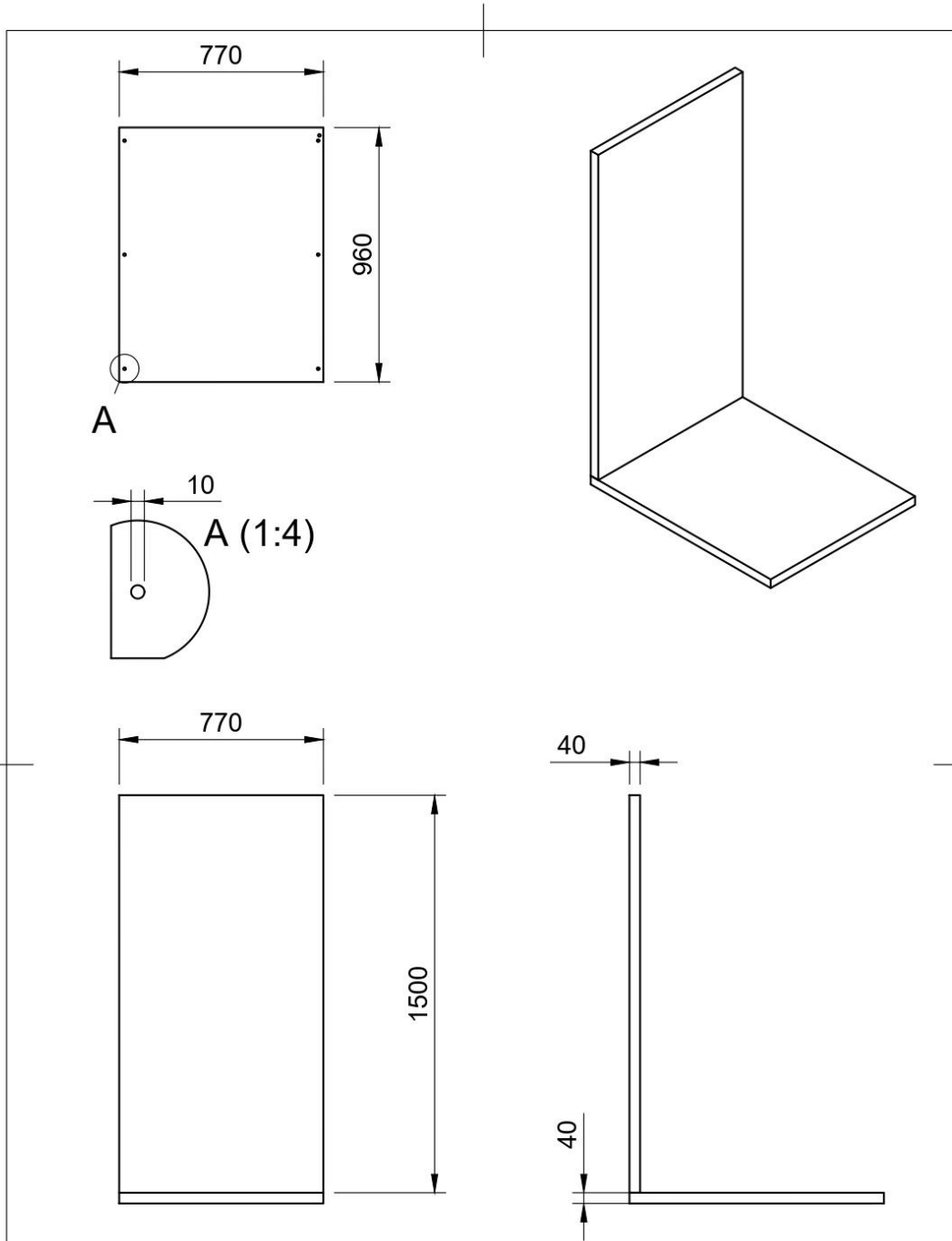
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 26/05/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Mangueras CO2</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



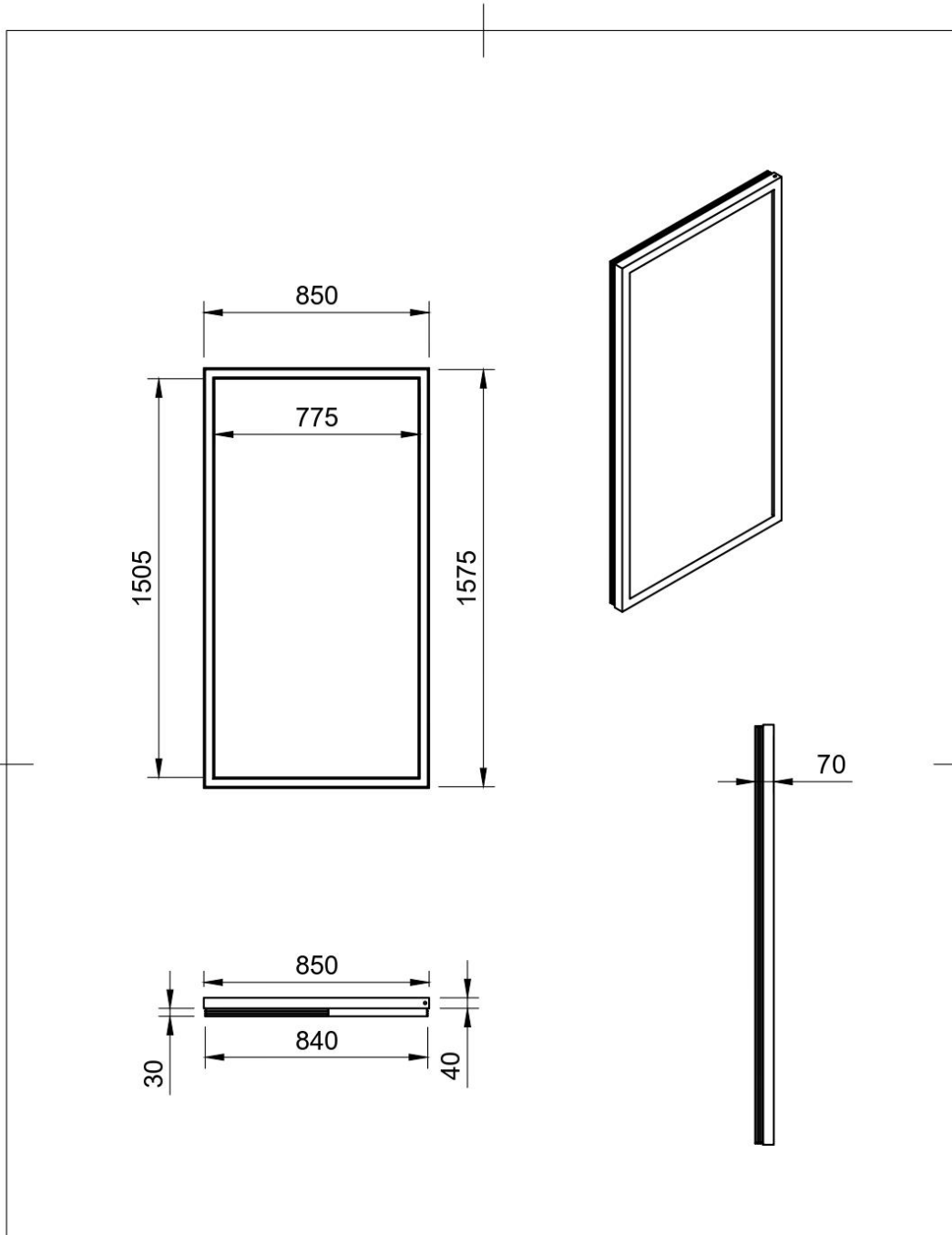
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 26/05/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Mangueras H2O</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



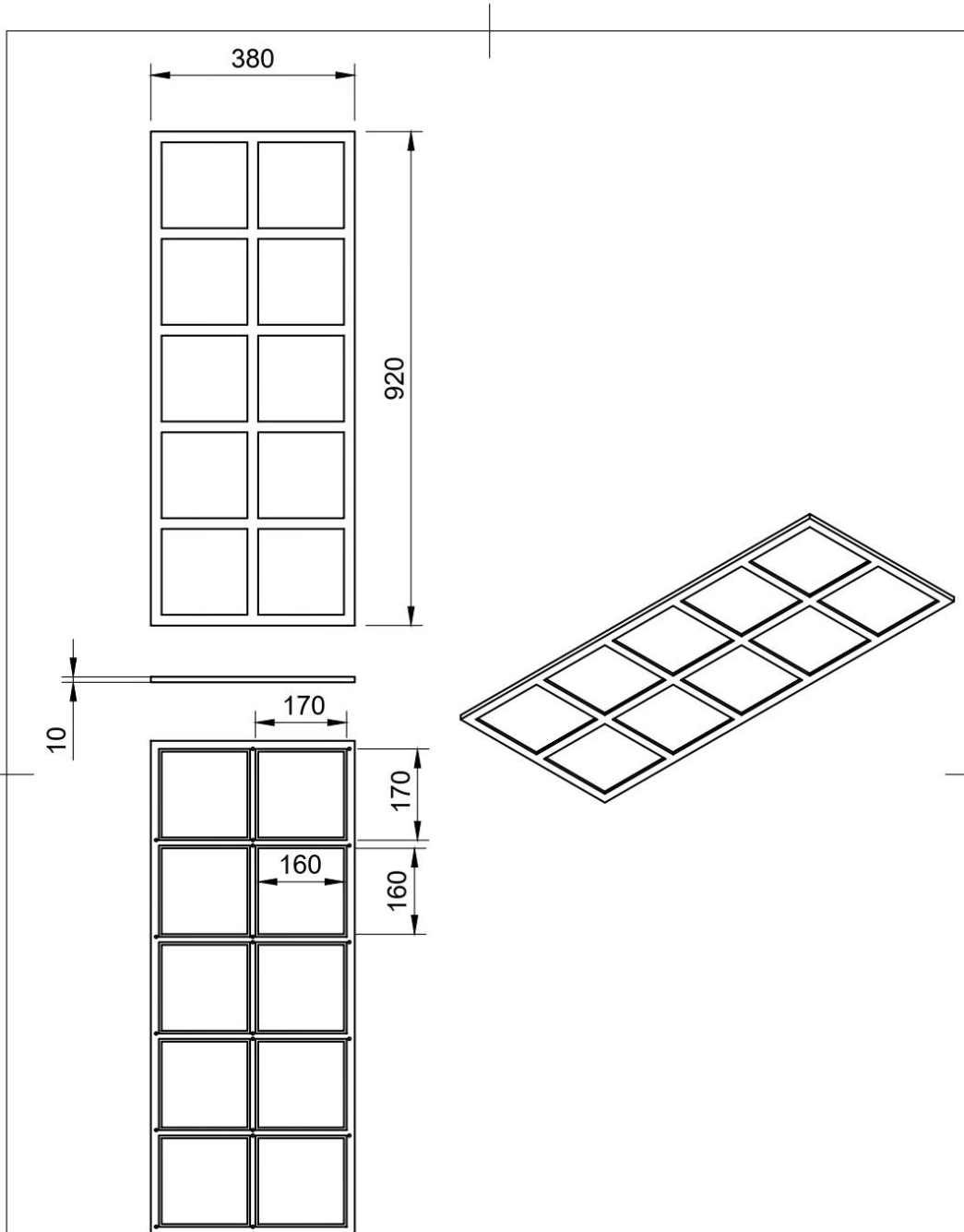
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Contenedor</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



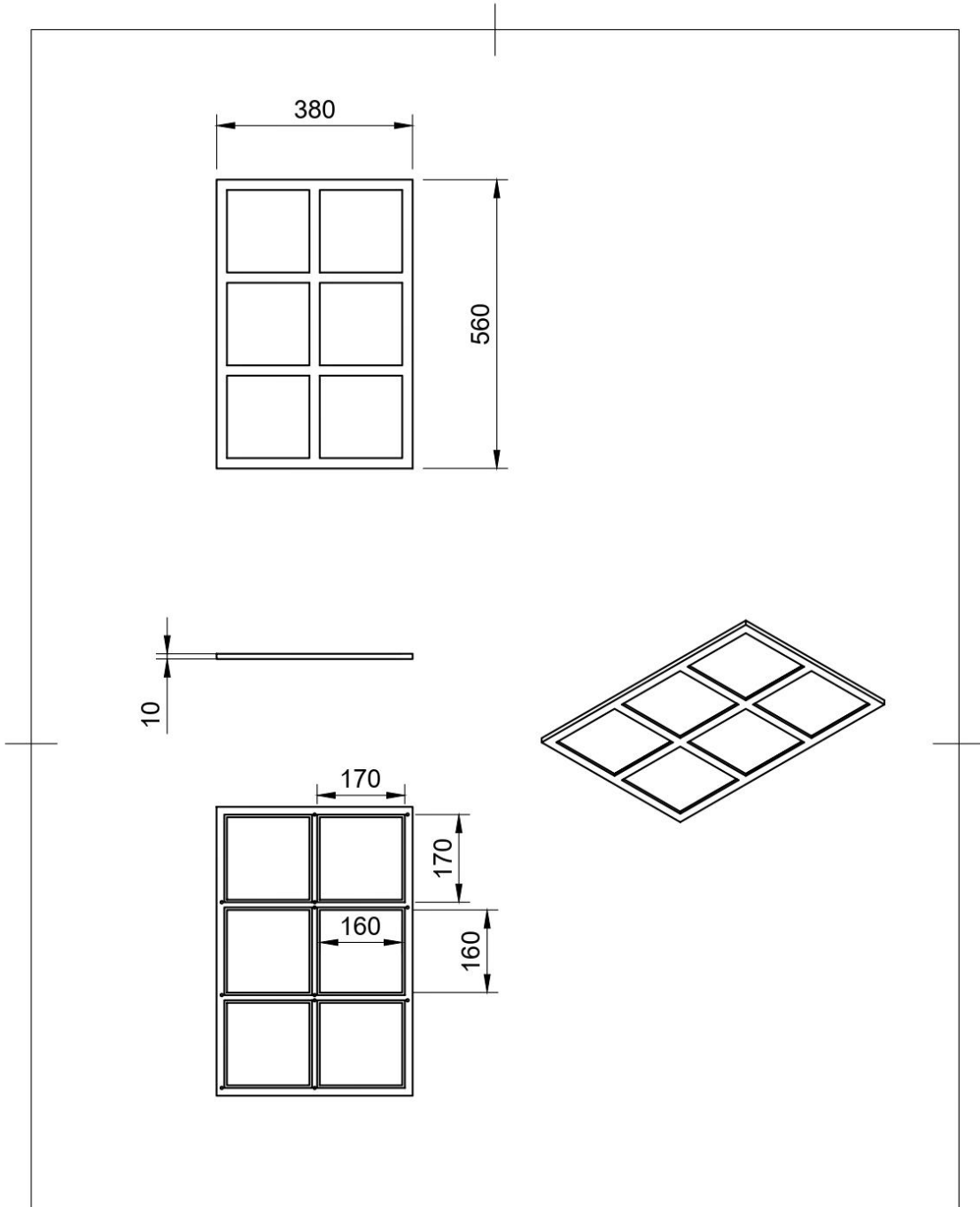
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Contenedor</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



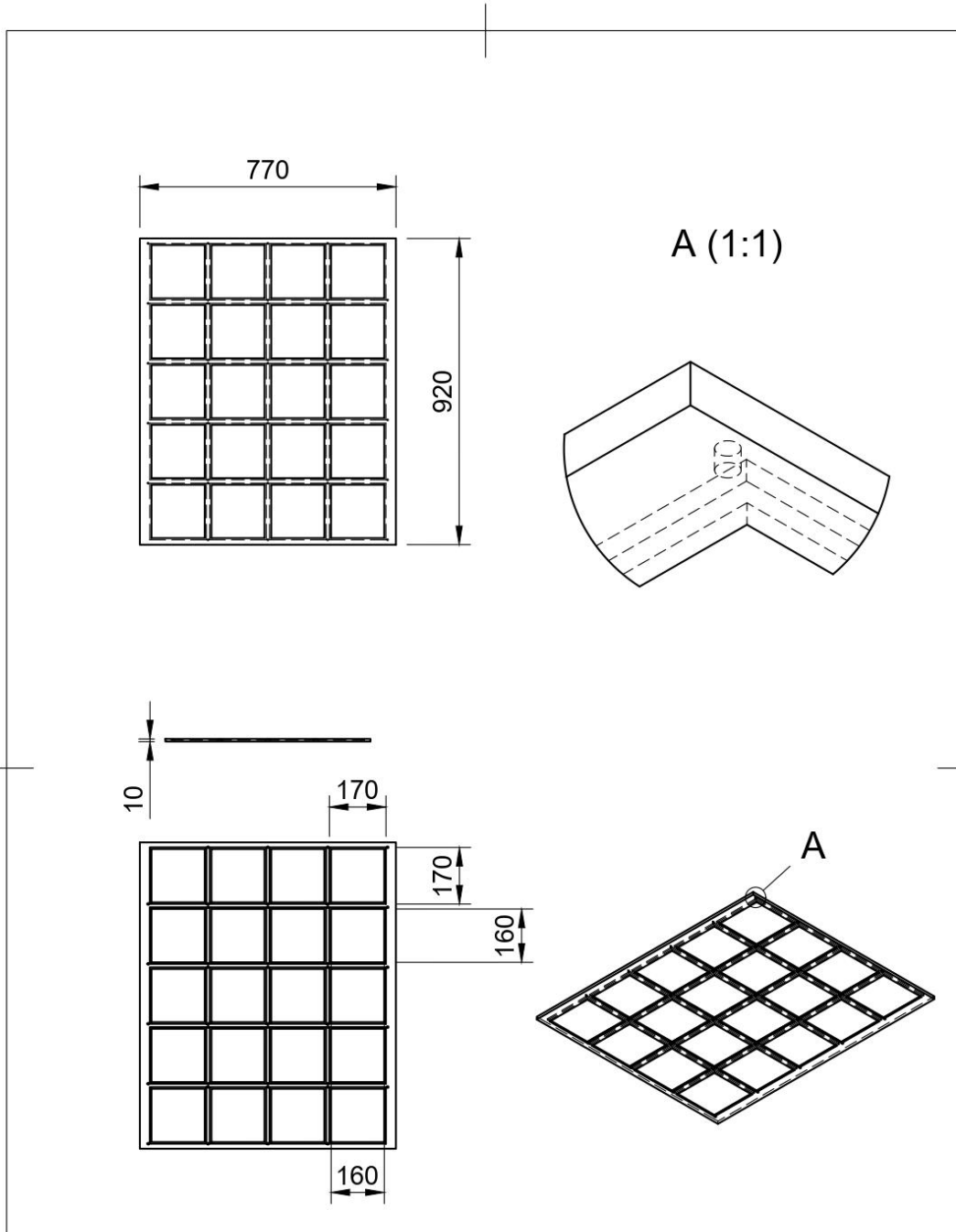
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Puerta</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



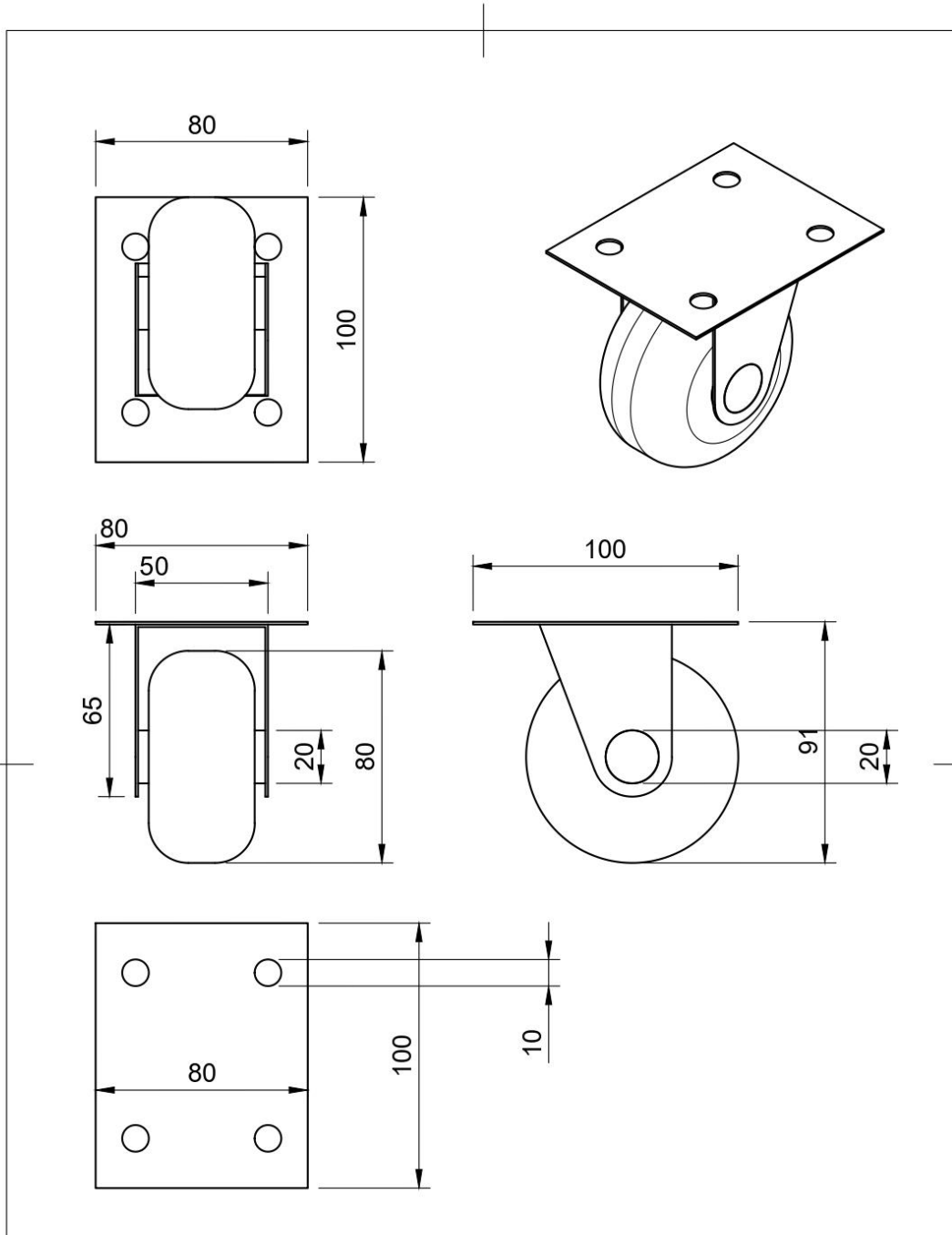
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Repisa Cebolla</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



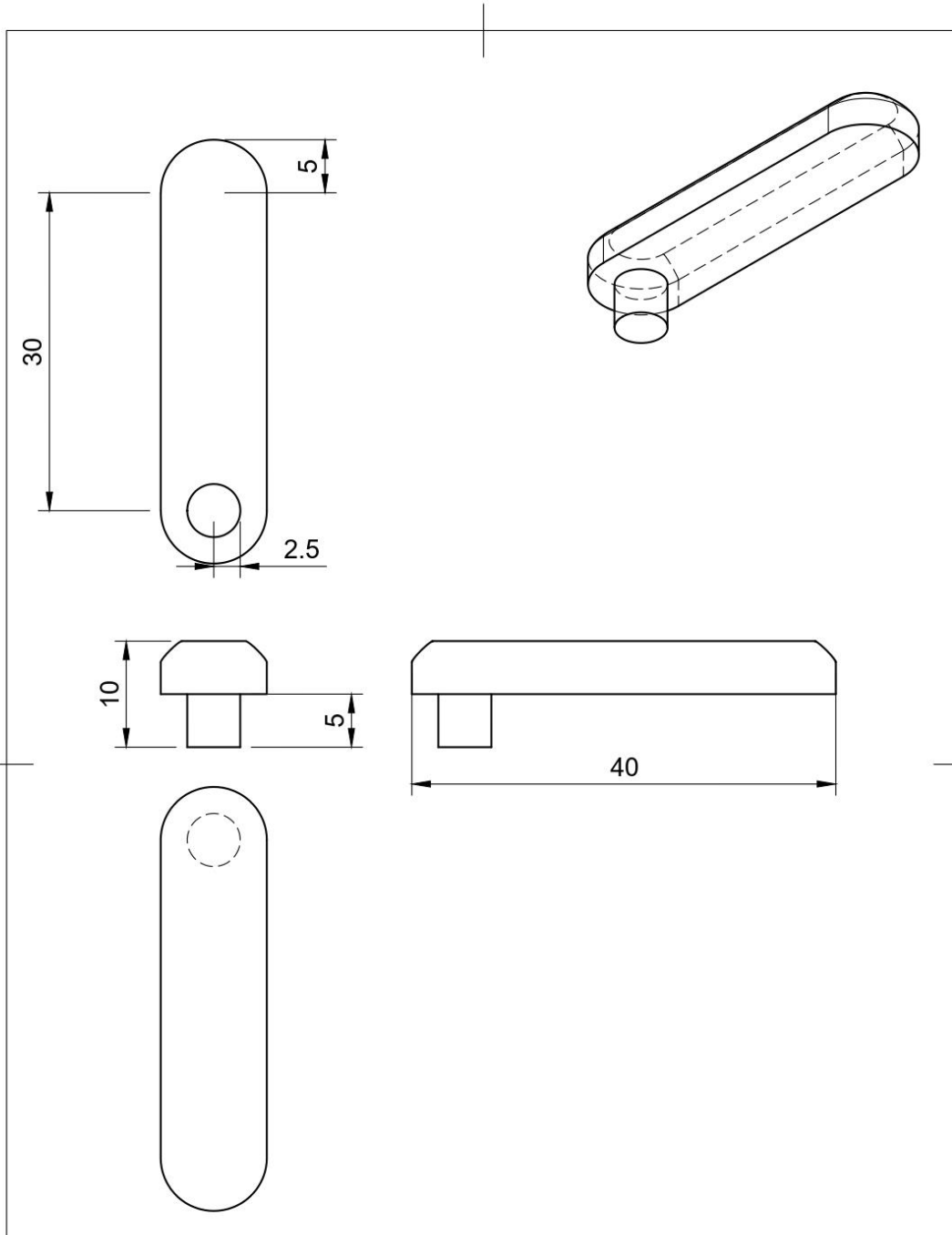
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Repisa Pimentón y tomate</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



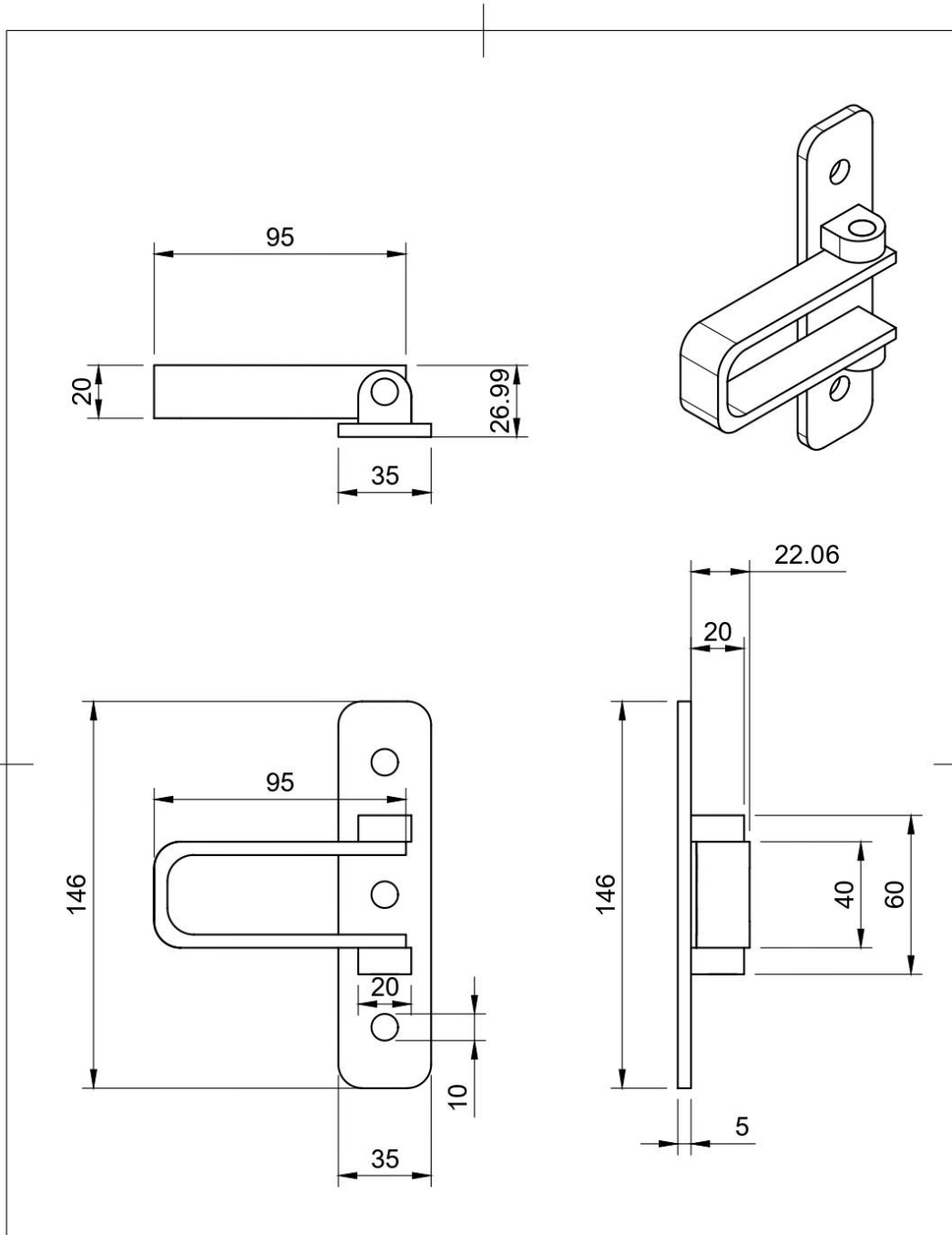
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Repisa Zanahorias</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>1/1</b>	



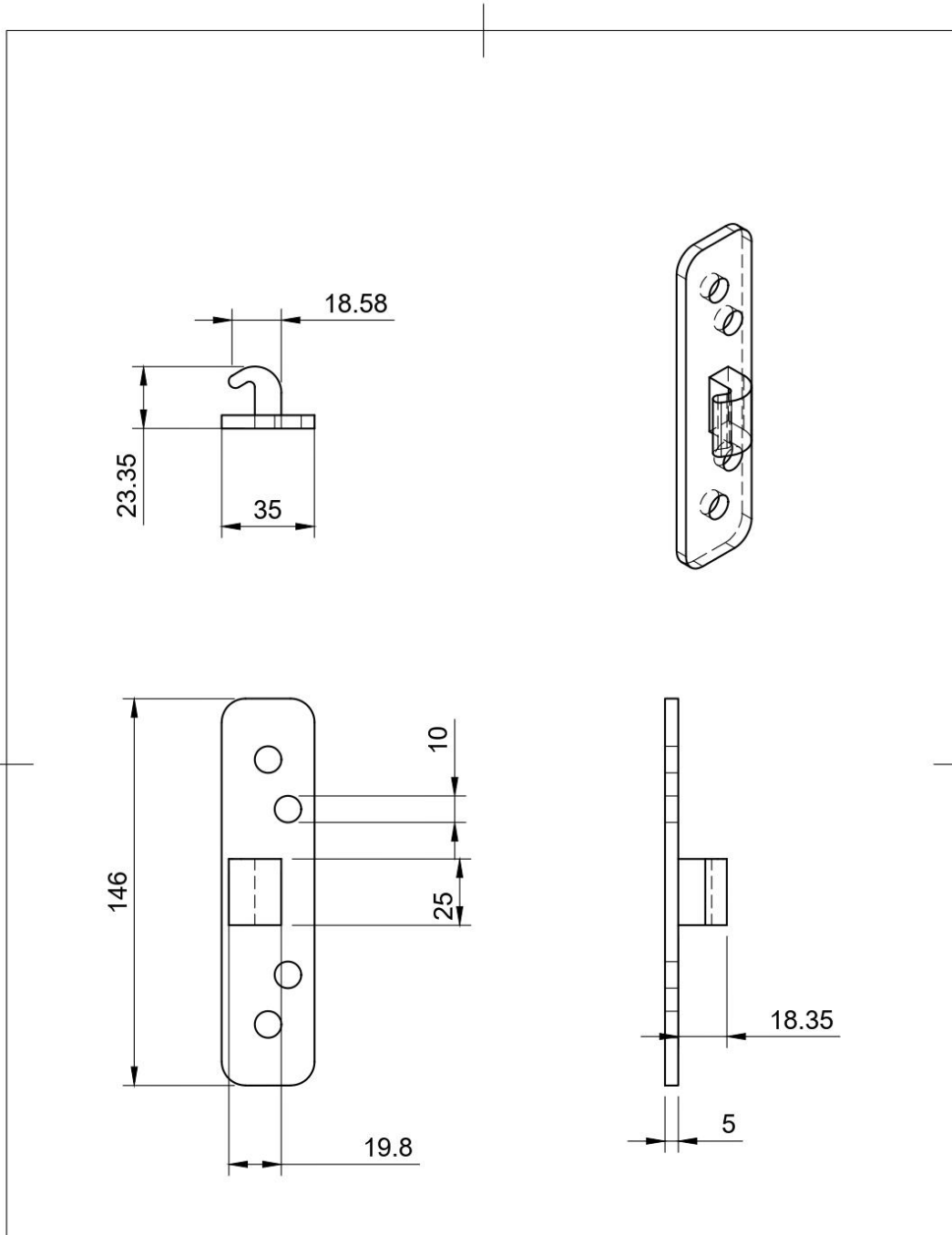
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>rueda</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



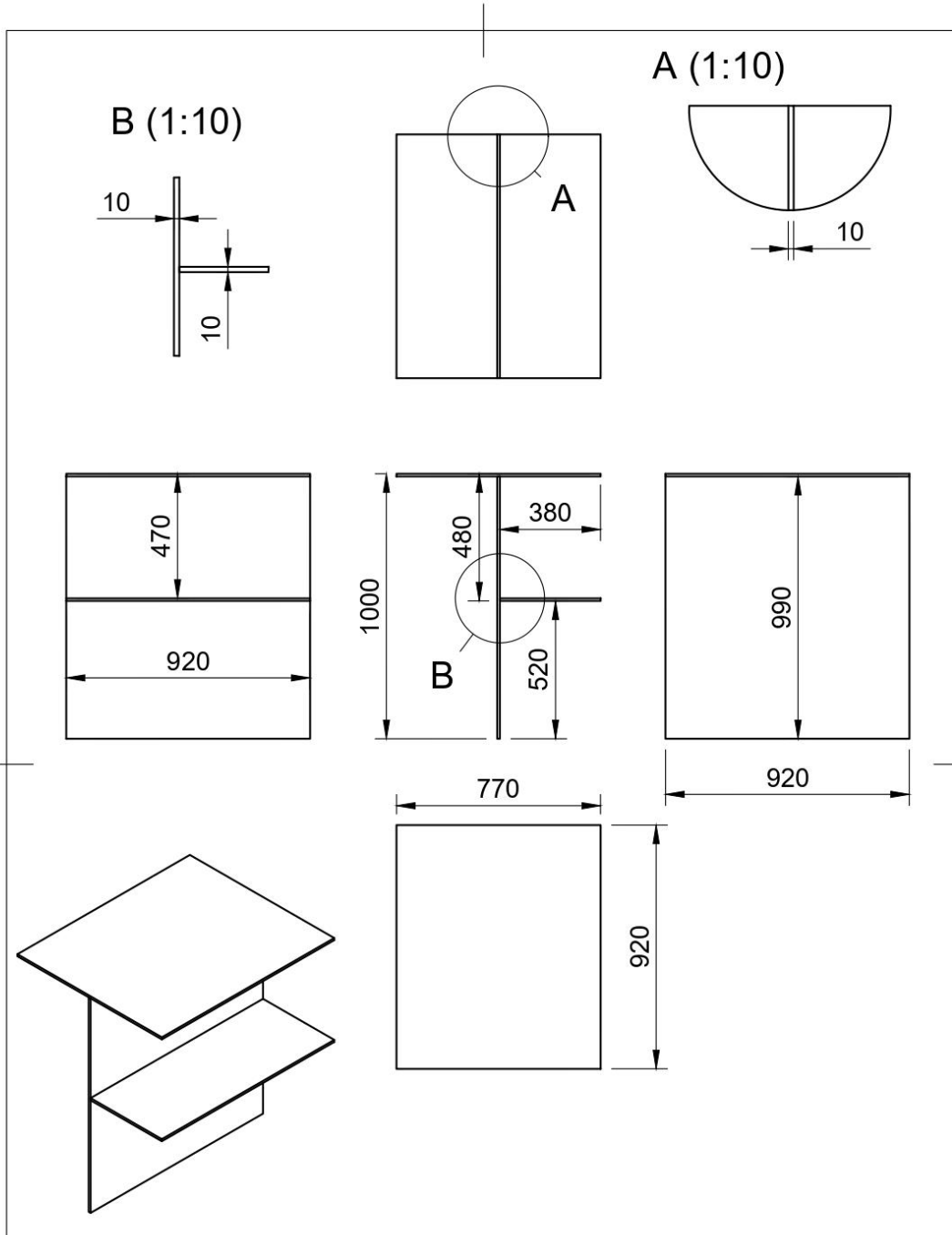
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>seguro almohadas</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



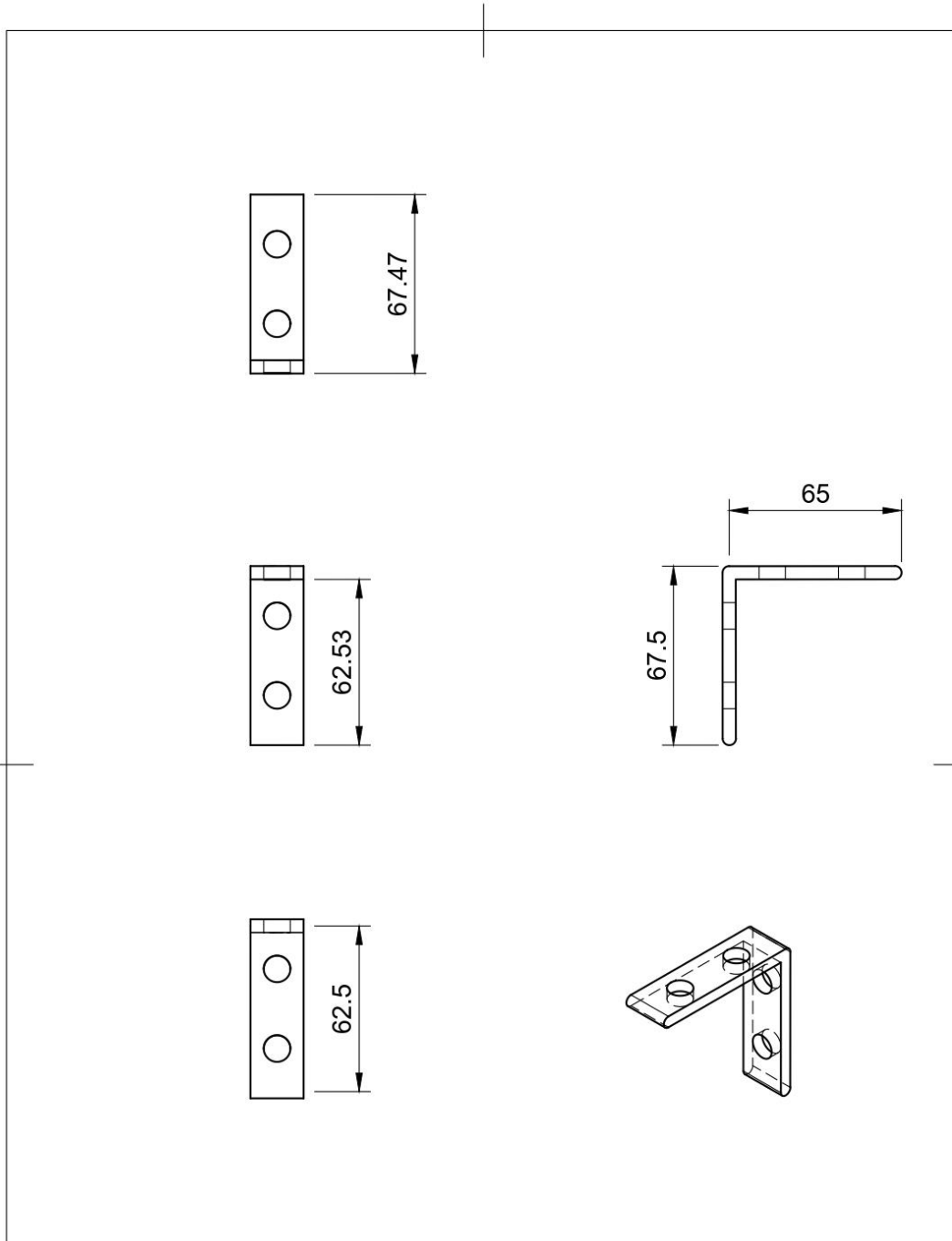
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Seguro puerta</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



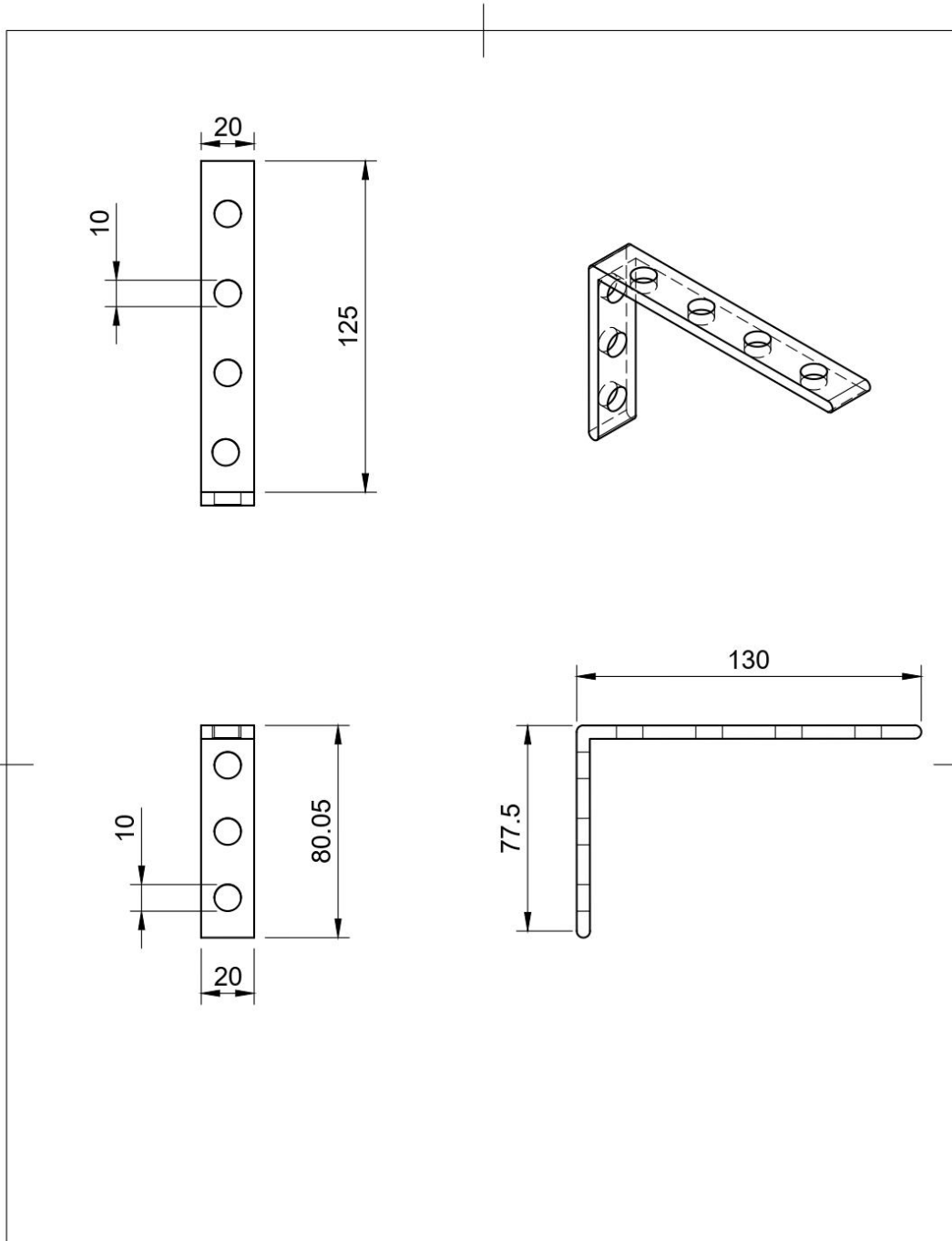
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Seguro puerta 2</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



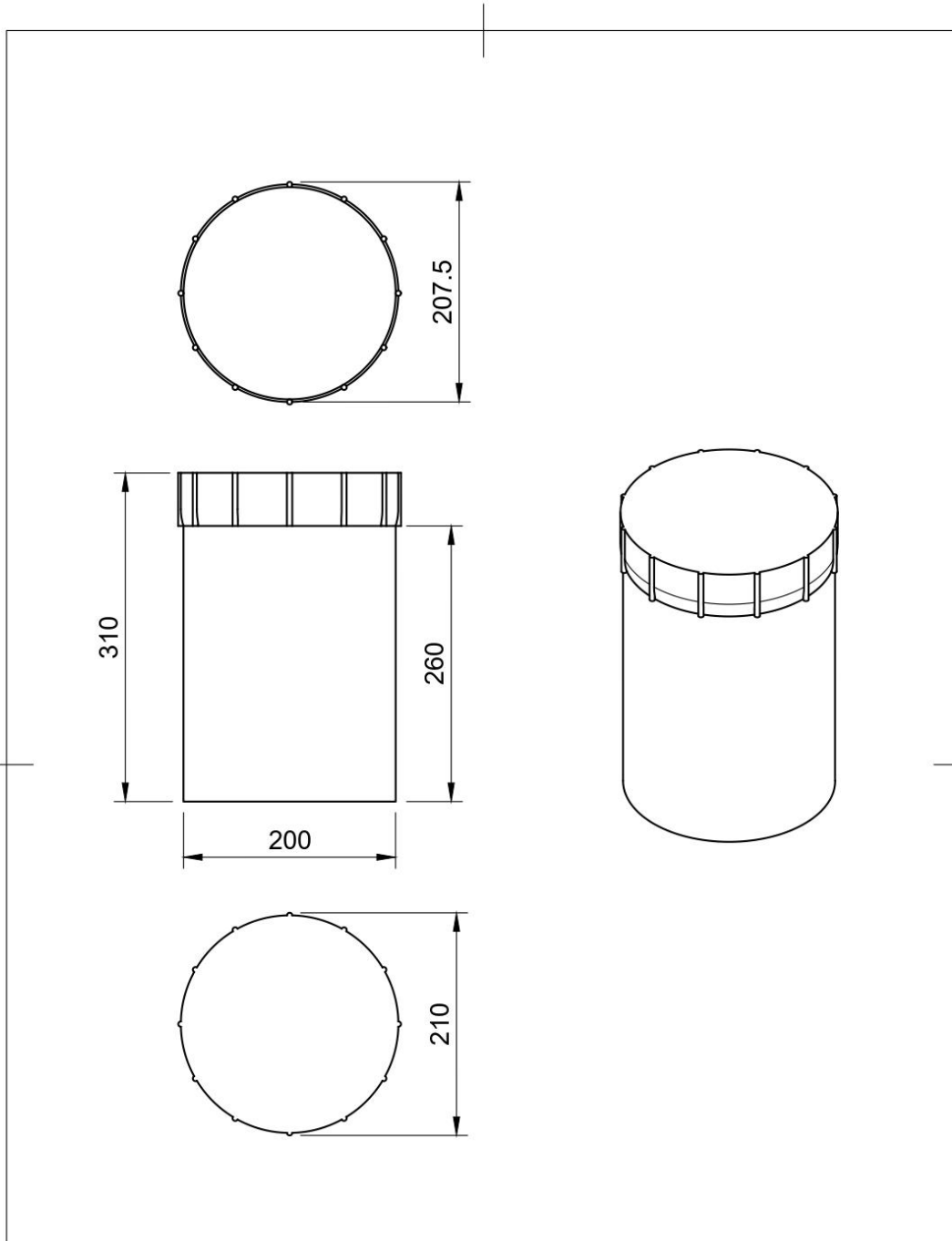
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Contenedor</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



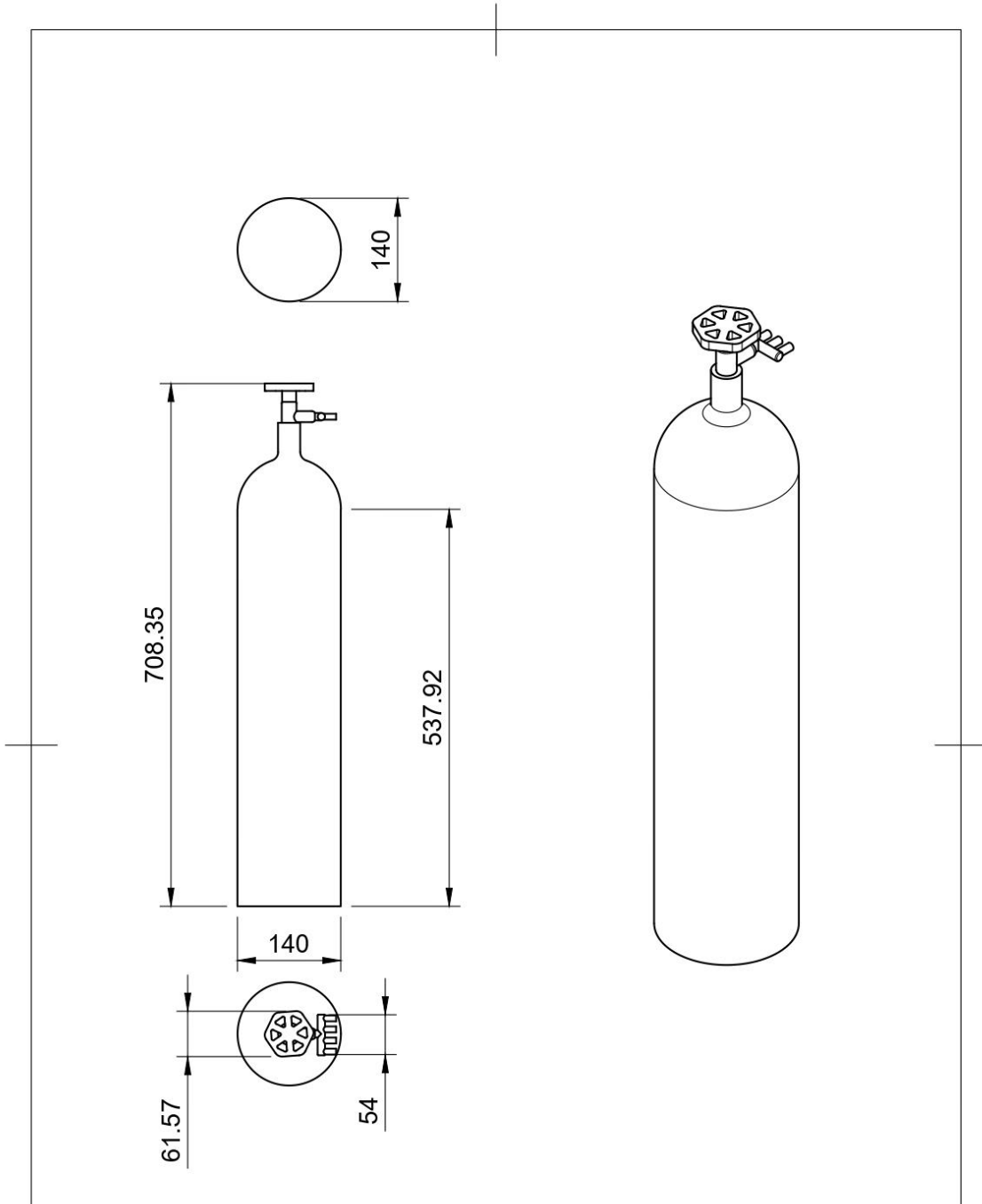
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Soporte bases repisas</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



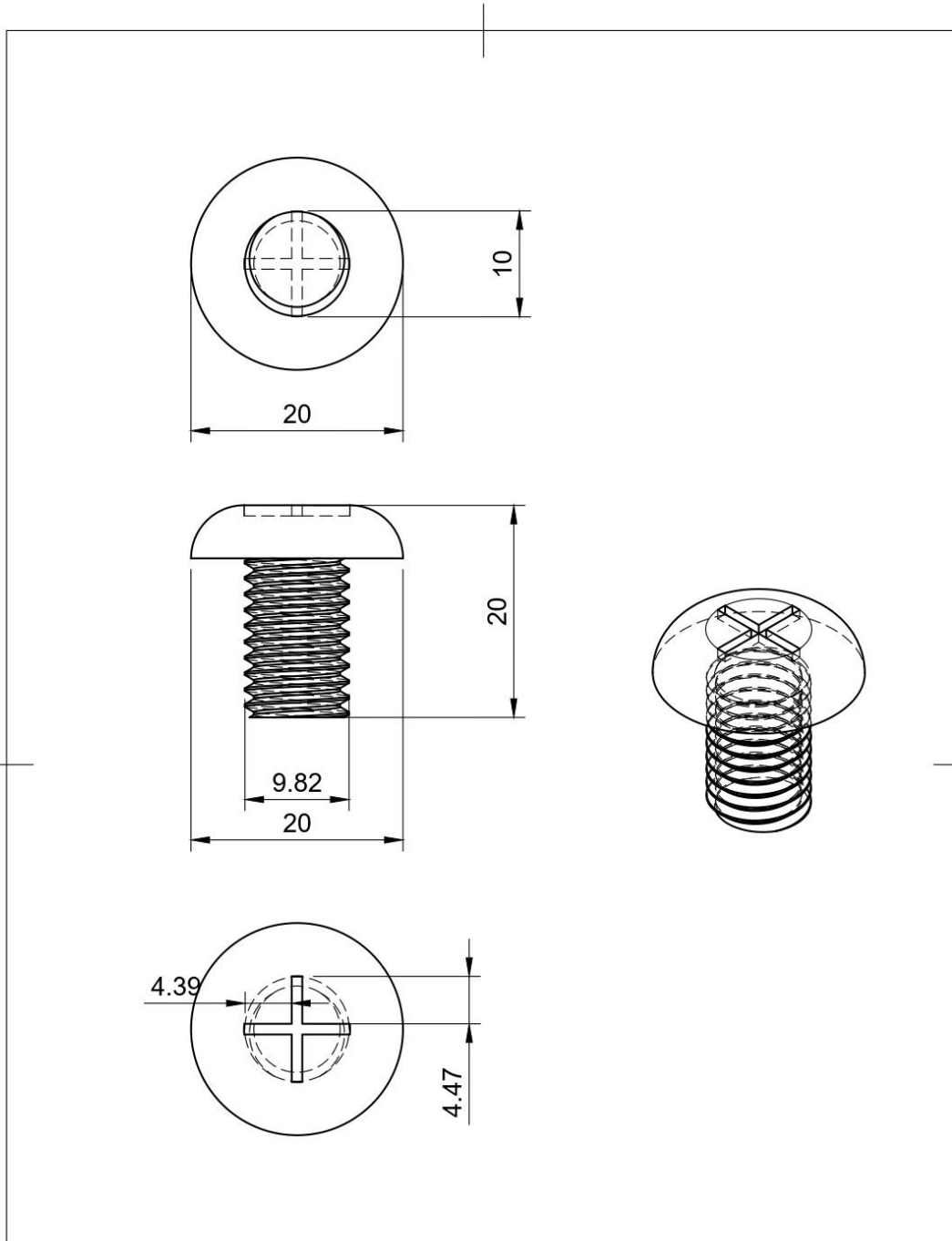
Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Soportes divisiones</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 25/05/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Tanque agua</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 25/05/2023	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title <b>Tanque CO2</b>	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



Dept.	Technical reference	Created by <b>Juliana Rojas</b> 19/04/2023	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Tornillo</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>

## Apéndice E. Fichas técnicas de materiales obtenidos en el software EduPack.

## Ficha técnica de materiales N°1. Acero Inoxidables AISI 316LVM



Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked

Página 1 de 3

## General information

## Designation

AISI 316LVM (low carbon vacuum melt) or 316LS, wrought

## Tradenames

Bioline 316LVM, Metinox; BioDur 316LS, Carpenter Technology; AD M25W, Au bert &amp; Duval; A220SC VMR, Bohler

## Typical uses

Surgical implants, fracture fixation devices, bone plates, screws, intramedullary nails, gauges and other surgical instruments where high hardness is not a requirement.

## Composition overview

## Compositional summary

Fe59-68 / Cr17-19 / Ni13-15 / Mo2.3-3.2 (impurities: Mn&lt;2, Si&lt;0.75, Cu&lt;0.5, N&lt;0.1, C&lt;0.03, P&lt;0.025, S&lt;0.01)

Material family	Metal (ferrous)
Base material	Fe (Iron)

## Composition detail (metals, ceramics and glasses)

C (carbon)	0	-	0,03	%
Cr (chromium)	17	-	19	%
Cu (copper)	0	-	0,5	%
Fe (iron)	* 59,4	-	67,8	%
Mn (manganese)	0	-	2	%
Ni (nickel)	13	-	15	%
P (phosphorus)	0	-	0,025	%
S (sulfur)	0	-	0,01	%
Si (silicon)	0	-	0,75	%

## Price

Price	* 2,2e4	-	2,35e4	COP/kg
Price per unit volume	* 1,75e8	-	1,89e8	COP/m³

## Physical properties

Density	7,95e3	-	8,03e3	kg/m³
---------	--------	---	--------	-------

## Mechanical properties

Young's modulus	186	-	189	GPa
Specific stiffness	23,2	-	23,7	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	737	-	975	MPa
Tensile strength	899	-	1,19e3	MPa
Specific strength	92,3	-	122	kN.m/kg
Elongation	12	-	21,3	% strain
Compressive modulus	* 186	-	189	GPa
Compressive strength	* 737	-	975	MPa
Flexural modulus	* 186	-	189	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 726	-	879	MPa
Shear modulus	67	-	73,8	GPa
Shear strength	* 674	-	893	MPa
Poisson's ratio	0,33			
Elastic stored energy (springs)	1,47e3	-	2,49e3	kJ/m³

## Thermal properties

Melting point	1,5e3			°C
Maximum service temperature	300	-	312	°C
Minimum service temperature	-200			°C

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Thermal conductivity	14	-	16,3	W/m.°C
Specific heat capacity	485			J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	16,5			µstrain/°C
Thermal shock resistance	238	-	315	°C
Thermal distortion resistance	* 0,848	-	0,988	MW/m

**Electrical properties**

Electrical resistivity	74			µohm.cm
Electrical conductivity	2,33			%IACS
Galvanic potential	* -0,15	-	-0,07	V

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transparency	Opaque			
Acoustic velocity	4,82e3	-	4,87e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 9,5e-4	-	0,0013	

**Restricted substances risk indicators**

RoHS (EU) compliant grades?	✓
-----------------------------	---

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	Yes
-----------------------------------	-----

**Durability**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent
Flammability	Non-flammable

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 77,7	-	85,7	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 5,6	-	6,17	kg/kg
Water usage	* 152	-	168	l/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✓
Embodied energy, recycling	* 16,4 - 18,1 MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 1,29 - 1,42 kg/kg
Recycle fraction in current supply	* 35,5 - 39,3 %
Downcycle	✓
Combust for energy recovery	✗
Landfill	✓
Biodegrade	✗

**Enlaces**

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	
Shape	

## Ficha técnica de materiales N°2. Aluminio 6082 T6



Aluminum, 6082, T6

Página 1 de 3

**General information****Designation**

6082, wrought

**Typical uses**

General purpose high duty applications, structural frames, pylons, towers, bridges.

**Composition overview****Compositional summary**

Al95-98 / Si0.7-1.3 / Mg0.6-1.2 / Mn0.4-1 (impurities: Fe&lt;0.5, Cr&lt;0.25, Zn&lt;0.2, Cu&lt;0.1, Ti&lt;0.1, Other&lt;0.15)

Material family	Metal (non-ferrous)
Base material	Al (Aluminum)

**Composition detail (metals, ceramics and glasses)**

Al (aluminum)	95,2	-	98,3	%
Cr (chromium)	0	-	0,25	%
Cu (copper)	0	-	0,1	%
Fe (iron)	0	-	0,5	%
Mg (magnesium)	0,6	-	1,2	%
Mn (manganese)	0,4	-	1	%
Si (silicon)	0,7	-	1,3	%
Zn (zinc)	0	-	0,2	%
Other	0	-	0,15	%

**Price**

Price	* 6,3e3	-	7,34e3	COP/kg
Price per unit volume	* 1,68e7	-	2e7	COP/m³

**Physical properties**

Density	2,67e3	-	2,73e3	kg/m³
---------	--------	---	--------	-------

**Mechanical properties**

Young's modulus	70	-	74	GPa
Specific stiffness	25,9	-	27,5	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	240	-	280	MPa
Tensile strength	295	-	344	MPa
Specific strength	88,8	-	104	kN.m/kg
Elongation	8	-	11,5	% strain
Compressive strength	* 240	-	280	MPa
Flexural modulus	* 70	-	74	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 240	-	280	MPa
Shear modulus	25,3	-	26,6	GPa
Shear strength	194	-	227	MPa
Poisson's ratio	0,325	-	0,335	
Elastic stored energy (springs)	402	-	543	kJ/m³

**Thermal properties**

Melting point	575	-	650	°C
Maximum service temperature	130	-	150	°C
Minimum service temperature	-273	-		°C
Thermal conductivity	169	-	175	W/m.°C
Specific heat capacity	* 882	-	918	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	22,5	-	23,7	µstrain/°C
Thermal shock resistance	143	-	170	°C



Aluminum, 6082, T6

Página 2 de 3

Thermal distortion resistance	* 7,22	- 7,68	MW/m
-------------------------------	--------	--------	------

**Electrical properties**

Electrical resistivity	3,8	- 4	μohm.cm
Electrical conductivity	43,1	- 45,4	%IACS
Galvanic potential	* -0,79	- -0,71	V

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transpare ncy	Opaque		
Acoustic velocity	5,09e3	- 5,24e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 1e-4	- 0,002	

**Restricted substances risk indicators**

RoHS (EU) compliant grades?	✓
-----------------------------	---

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	Yes
Notes	Al (aluminum) added to the 2018 US critical minerals list

**Durability**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Unacceptable
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Excellent
Flammability	Non-flammable

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 190	- 209	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 12,5	- 13,8	kg/kg
Water usage	* 1,12e3	- 1,24e3	l/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✓
Embodied energy, recycling	* 32,3 - 35,7 MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 2,54 - 2,8 kg/kg
Recycle fraction in current supply	40,5 - 44,7 %
Downcycle	✓
Combust for energy recovery	✗
Landfill	✓
Biodegrade	✗

**Notes**

**Other notes**  
Prices of Aluminum alloys fluctuate greatly and are dependent on batch size, unit size, forming methods, etc.

**Enlaces**

- ProcessUniverse
- Producers
- Reference
- Shape
- Structural Sections

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

## Ficha técnica de materiales N°3. Borosilicato 7740



Borosilicate - 7740

Página 1 de 2

**General information****Designation**

7740

**Typical uses**

Ovenware, Laboratory ware, Piping, Sealed Beam Headlights

**Composition overview****Compositional summary**81% SiO<sub>2</sub>/2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/13% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/4% Na<sub>2</sub>O

Material family	Glass
Base material	Oxide

**Composition detail (metals, ceramics and glasses)**

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (alumina)	2	%
Na <sub>2</sub> O (sodium oxide)	4	%
SiO <sub>2</sub> (silica)	81	%

**Price**

Price	* 1,19e4	- 1,79e4	COP/kg
Price per unit volume	* 2,63e7	- 4,03e7	COP/m <sup>3</sup>

**Physical properties**

Density	2,2e3	- 2,25e3	kg/m <sup>3</sup>
Porosity (closed)	0		%
Porosity (open)	0		%

**Mechanical properties**

Young's modulus	61,4	- 64,5	GPa
Specific stiffness	27,5	- 29,1	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	* 25,2	- 27,8	MPa
Tensile strength	25,2	- 27,8	MPa
Specific strength	* 11,3	- 12,5	kN.m/kg
Elongation	* 0,04	- 0,05	% strain
Compressive strength	* 252	- 278	MPa
Flexural modulus	* 61,4	- 64,5	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 32,8	- 36,2	MPa
Shear modulus	* 25,6	- 26,9	GPa
Poisson's ratio	0,19	- 0,2	
Elastic stored energy (springs)	* 5,04	- 6,14	kJ/m <sup>3</sup>

**Thermal properties**

Glass temperature	484	- 643	°C
Maximum service temperature	230	- 490	°C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	* 1,1	- 1,2	W/m.°C
Specific heat capacity	* 760	- 800	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	3,18	- 3,31	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 122	- 137	°C
Thermal distortion resistance	* 0,338	- 0,371	MW/m

**Electrical properties**

Electrical resistivity	3,16e20	- 3,16e21	µohm.cm
Electrical conductivity	5,45e-20	- 5,45e-19	%ACS
Dielectric constant (relative permittivity)	4,4	- 4,7	

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,0168	-	0,0182	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 12	-	14	MV/m

#### Optical, aesthetic and acoustic properties

Transpare ncy	Transparent			
Acoustic velocity	5,25e3	-	5,39e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	4,6e-5	-	6,2e-5	

#### Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No			
-----------------------------------	----	--	--	--

#### Durability

Water (fresh)	Excellent			
Water (salt)	Excellent			
Weak acids	Excellent			
Strong acids	Excellent			
Weak alkalis	Excellent			
Strong alkalis	Acceptable			
Organic solvents	Excellent			
Oxidation at 500C	Excellent			
UV radiation (sunlight)	Excellent			
Flammability	Non-flammable			

#### Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 21,4	-	23,7	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 1,33	-	1,47	kg/kg
Water usage	* 10,1	-	11,2	l/kg

#### Recycling and end of life

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 17,5	-	19,4	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 0,93	-	1,03	kg/kg
Recycle fraction in current supply	22,7	-	25,1	%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✗			
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

#### Notes

##### Other notes

The borosilicates have a better environmental performance when given appropriate heat treatments

#### Enlaces

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	
Shape	

## Ficha técnica de materiales N°4. EPDM/EPM 30 a 50 % plastificado



Ethylene propylene (diene) (EPDM/EPM, 30-50% carbon black, plasticized)

### General information

#### Designation

Ethylene Propylene Diene Terpolymer rubber (EPDM) or Ethylene-Propylene Copolymer rubber (EPM), carbon black reinforced, oil plasticized

#### Tradenames

Nordel, Keltan, Dutral, Vistalon, Buna EP, Epsyn, Royalene, Santoprene

#### Typical uses

Roofing, seals, gaskets, hose (garden hose, steam pressure hose), cable insulation, polypropylene modification

### Composition overview

#### Compositional summary

EPDM/EPM compounds with 33-50% carbon black and 17-30% plasticizer (paraffinic or naphthenic oil)

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	EP(D)M (Ethylene propylene diene copolymer/terpolymer)
Filler/reinforcement	Carbon
Polymer code	EP(D)M-CD40-P

#### Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	20	-	50	%
---------	----	---	----	---

#### Price

Price	* 5,81e3	-	6,65e3	COP/kg
Price per unit volume	* 5,81e6	-	7,31e6	COP/m <sup>3</sup>

#### Physical properties

Density	* 1e3	-	1,1e3	kg/m <sup>3</sup>
---------	-------	---	-------	-------------------

#### Mechanical properties

Young's modulus	0,00235	-	0,0097	GPa
Specific stiffness	* 0,00224	-	0,00925	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	5,4	-	20,2	MPa
Tensile strength	5,4	-	20,2	MPa
Specific strength	* 5,15	-	19,3	kN.m/kg
Elongation	315	-	615	% strain
Compressive modulus	* 0,00235	-	0,0097	GPa
Compressive strength	* 6,48	-	24,2	MPa
Flexural modulus	0,00235	-	0,0097	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 13,7	-	35,6	MPa
Shear modulus	7,8e-4	-	0,00323	GPa
Bulk modulus	* 1,5	-	2	GPa
Poisson's ratio	0,48	-	0,495	
Shape factor	1,6			
Hardness - Vickers	* 2	-	6	HV
Elastic stored energy (springs)	3,64e3	-	3,58e4	kJ/m <sup>3</sup>
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 2,16	-	8,08	MPa

#### Impact & fracture properties

Fracture toughness	0,184	-	0,536	MPa.m <sup>0.5</sup>
Toughness (G)	* 7,51	-	56,8	kJ/m <sup>2</sup>

#### Thermal properties

Glass temperature	-60	-	-45	°C
Maximum service temperature	150	-	177	°C
Minimum service temperature	-51	-	-45	°C
Thermal conductivity	0,226	-	0,5	W/m.°C
Specific heat capacity	1,79e3	-	1,95e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 140	-	210	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 5,29e3	-	3,07e4	°C
Thermal distortion resistance	* 0,00128	-	0,00301	MW/m

#### Electrical properties

Electrical resistivity	1e8	-	1e14	µohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-12	-	1,72e-6	%IACS



Ethylene propylene (diene) (EPDM/EPM, 30-50% carbon black, plasticized)

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transparenc y	Translucent		
Acoustic velocity	44,5	- 102	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	0,12	- 0,25	

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	No		
-----------------------------------	----	--	--

**Absorption & permeability**

Water absorption @ 24 hrs	0,01	- 0,012	%
---------------------------	------	---------	---

**Durability**

Water (fresh)	Excellent		
Water (salt)	Excellent		
Weak acids	Excellent		
Strong acids	Limited use		
Weak alkalis	Excellent		
Strong alkalis	Excellent		
Organic solvents	Limited use		
Oxidation at 500C	Unacceptable		
UV radiation (sunlight)	Good		
Flammability	Highly flammable		

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 121	- 133	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 2,9	- 3,2	kg/kg

**Processing energy, CO2 footprint & water**

Polymer molding energy	* 16,1	- 17,8	MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,29	- 1,42	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 2,74	- 3,03	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,206	- 0,227	kg/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✗		
Recycle fraction in current supply	0,1		%
Downcycle	✓		
Combust for energy recovery	✓		
Heat of combustion (net)	* 37,9	- 39,8	MJ/kg
Combustion CO2	* 3,24	- 3,4	kg/kg
Landfill	✓		
Biodegrade	✗		

**Notes**

**Other notes**

Strengths: Excellent weathering/ozone/oxidation resistance, good heat stability.  
 Limitations: Poor oil resistance and building tack

Probably the most water resistant rubber available. Peroxide cures resist steam up to 180C. Excellent resistance to atmospheric aging/oxygen/ozone up to ~150C.

EPDM and EPM are very similar, chemistry and properties. EPDM offers greater cure flexibility including faster cure.

**Enlaces**

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	
Shape	

## Ficha técnica de materiales N°5. PA410



PA410 (impact modified)

## General information

## Overview

Note: Polyamides are moisture sensitive. Density, mechanical, impact, and electrical properties on this datasheet are for material conditioned at 50% relative humidity and 23°C. These are more typical of in-use performance than the properties of the dry material. Other properties are for the dry-as-molded material.

## Designation

Polyamide (Nylon) (Type 410, impact modified)

## Tradenames

EcoPaXX®

## Typical uses

General purpose, automotive parts, engine covers, fuel tanks, tubing, wheels, household goods, sporting goods, electrical components

## Composition overview

## Compositional summary

 $(\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_8-\text{CO})_n$ 

Material family	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	PA410 (Polyamide/nylon 410)		
Renewable content	60	-	67 %

## Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	85	-	95 %
---------	----	---	------

## Price

Price	* 2,42e4	-	3,16e4 COP/kg
Price per unit volume	* 2,52e7	-	3,34e7 COP/m <sup>3</sup>

## Physical properties

Density	1,04e3	-	1,06e3 kg/m <sup>3</sup>
---------	--------	---	--------------------------

## Mechanical properties

Young's modulus	0,9	-	0,946 GPa
Specific stiffness	0,856	-	0,902 MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	35	-	40,8 MPa
Tensile strength	35	-	40,8 MPa
Specific strength	33,3	-	38,9 kN.m/kg
Elongation	50	-	72 % strain
Compressive modulus	* 0,9	-	0,945 GPa
Compressive strength	* 35	-	40,8 MPa
Flexural modulus	0,95	-	0,998 GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	40	-	46,7 MPa
Shear modulus	* 0,9	-	0,945 GPa
Shear strength	* 21	-	24,5 MPa
Poisson's ratio	* 0,34	-	0,36
Elastic stored energy (springs)	666	-	899 kJ/m <sup>3</sup>

## Thermal properties

Melting point	250		°C
Glass temperature	* 52,3	-	66,3 °C
Maximum service temperature	* 192	-	210 °C
Minimum service temperature	* -64	-	-54 °C
Thermal conductivity	* 0,231	-	0,25 W/m.°C
Specific heat capacity	* 1,37e3	-	1,43e3 J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	120	-	140 μstrain/°C
Thermal shock resistance	283	-	353 °C
Thermal distortion resistance	* 0,0017	-	0,00202 MW/m

## Electrical properties

Electrical resistivity	9,09e19	-	1,1e20 μohm.cm
Electrical conductivity	1,57e-18	-	1,9e-18 %IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	* 5,16	-	5,59
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0,208	-	0,3
Dielectric strength (dielectric breakdown)	28,6	-	31,5 MV/m

## Optical, aesthetic and acoustic properties

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Transparency	Transparent
Acoustic velocity	925 - 950 m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,024 - 0,0317

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

**Absorption & permeability**

Water absorption @ 24 hrs	* 0,455 - 0,55 %
---------------------------	------------------

**Processing properties**

First commercial production	2010
-----------------------------	------

**Durability**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Limited use
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Fair
Flammability	Slow-burning

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 203 - 224 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 5,29 - 5,83 kg/kg
Water usage	7,62e3 - 8,4e3 l/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✓
Embodied energy, recycling	* 69 - 76,1 MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 1,8 - 1,99 kg/kg
Recycle fraction in current supply	* 0,672 - 0,742 %
Downcycle	✓
Combust for energy recovery	✓
Heat of combustion (net)	* 35,8 - 37,6 MJ/kg
Combustion CO2	* 2,48 - 2,54 kg/kg
Landfill	✓
Biodegrade	✗

**Notes****Other notes**

Polyamide 410 is 70% derived from castor oil. It has excellent mechanical properties, high heat stability and outstanding chemical resistance. Polyamide 410 also offers low permeability to both oxygen and water vapor; and low moisture absorption for improved dimensional stability post conditioning.

**Enlaces**

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	
Shape	

## Ficha técnica de materiales N°6. PEEK 40% fibra de carbono.

### General information

#### Designation

Polyetheretherketone (40% Carbon Fiber)

#### Tradenames

Edgetek, Hifill, Larpeek, LNP Thermocomp, Luvocom, RTP, Victrex

#### Typical uses

Aerospace applications, automotive applications, bearings, bushings, gears, general purpose, medical/healthcare applications, metal replacement, parts (engineering), pump parts, textile applications

### Composition overview

#### Compositional summary

PEEK + carbon filler

Material family	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	PEEK (Polyetheretherketone)		
% filler (by weight)	40		%
Filler/reinforcement	Carbon		
Filler/reinforcement form	Short fiber (<5mm)		

#### Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	60		%
---------	----	--	---

### Price

Price	* 2,09e5	-	2,13e5	COP/kg
Price per unit volume	* 3,02e8	-	3,14e8	COP/m³

### Physical properties

Density	1,44e3	-	1,47e3	kg/m³
---------	--------	---	--------	-------

### Mechanical properties

Young's modulus	33,4	-	40	GPa
Specific stiffness	22,9	-	27,5	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	241	-	269	MPa
Tensile strength	241	-	316	MPa
Specific strength	165	-	185	kN.m/kg
Elongation	1	-	1,5	% strain
Compressive modulus	* 21,4	-	22,5	GPa
Compressive strength	225	-	301	MPa
Flexural modulus	27,1	-	34	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	352	-	470	MPa
Shear modulus	* 12,1	-	12,7	GPa
Shear strength	126			MPa
Poisson's ratio	0,47			
Elastic stored energy (springs)	773	-	1,02e3	kJ/m³

### Thermal properties

Melting point	343			°C
Glass temperature	143			°C
Maximum service temperature	235	-	250	°C
Thermal conductivity	2			W/m.°C
Specific heat capacity	1,8e3			J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	4	-	7,6	µstrain/°C
Thermal shock resistance	907	-	1,76e3	°C
Thermal distortion resistance	* 0,263	-	0,5	MW/m

**Electrical properties**

Electrical resistivity	1e11	-	1e12	μohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-10	-	1,72e-9	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	* 3,2	-	3,4	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,005			
Galvanic potential	0,14	-	0,22	V

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transpare ncy	Opaque			
Acoustic velocity	4,78e3	-	5,25e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0036	-	0,0053	

**Restricted substances risk indicators**

RoHS (EU) compliant grades?	✓
-----------------------------	---

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

**Absorption & permeability**

Water absorpion @ 24 hrs	0,03	-	0,12	%
--------------------------	------	---	------	---

**Durability**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Excellent
Flammability	Self-extinguishing

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 542	-	597	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 35,8	-	39,5	kg/kg
Water usage	1,32e3	-	1,46e3	l/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✗
Recycle fraction in current supply	0,1 %
Downcycle	✓
Combust for energy recovery	✓
Heat of combustion (net)	* 31,1 - 32,7 MJ/kg
Combustion CO2	* 2,13 - 2,2 kg/kg
Landfill	✓
Biodegrade	✗

**Enlaces**

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	
Shape	

## Ficha técnica de materiales N°7. SEBS



SEBS (Shore A50)

Página 1 de 3

### General information

#### Designation

Styrene Ethylene Butylene Styrene Block Copolymer

#### Tradenames

Aplon, Badaflex, Calprene, Cawiton, Chemiton, Dryflex, Elastamax, Elastex, Elastron, Esprene, Europrene, Evoprene, Gelast, Heraflex, Kraton, Laprene, Lifoflex, Lottmer, Mediprene, Megol, Nilflex, Perflex, Primoflo, Septon, Synprene, Taipol, Technoelast, Tefabloc, Thermolast, Toprene, Tuftec, Unipren, Unisoft, UnisoftAdhesion

#### Typical uses

Automotive applications, film, food service applications, medical applications, sporting goods, pacifiers, closures, medical appliances, pharmaceuticals, appliances, automotive bumper, automotive exterior parts, automotive exterior trim, automotive interior parts, belts/belt repair, cable jacketing, electrical/electronic applications, footwear, gaskets, household goods, insulation, electronic, panels, reinforced, piping, seals, tools, power/others, toys

### Composition overview

#### Compositional summary

Triblock copolymer of styrene (~15%) and ethylene/butylene (~85%).

Material family	Elastomer (thermoplastic, TPE)
Base material	SEBS (Styrene ethylene butylene styrene block copolymer)

#### Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
---------	-----	---

#### Price

Price	7,6e3	COP/kg
Price per unit volume	* 6,65e6 - 7,13e6	COP/m <sup>3</sup>

#### Physical properties

Density	876 - 940	kg/m <sup>3</sup>
---------	-----------	-------------------

#### Mechanical properties

Young's modulus	* 0,00117 - 0,00183	GPa
Specific stiffness	* 0,00129 - 0,00202	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	* 4,62 - 5,71	MPa
Tensile strength	4,62 - 5,71	MPa
Specific strength	* 5,06 - 6,33	kN.m/kg
Elongation	511 - 653	% strain
Compressive modulus	* 0,00117 - 0,00183	GPa
Compressive strength	* 5,54 - 6,85	MPa
Flexural modulus	0,00117 - 0,00183	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 12,5 - 14,1	MPa
Shear modulus	* 3,92e-4 - 6,18e-4	GPa
Shear strength	* 3,69 - 5,71	MPa
Poisson's ratio	* 0,48 - 0,495	
Elastic stored energy (springs)	* 6,74e3 - 1,2e4	kJ/m <sup>3</sup>

#### Thermal properties

Glass temperature	* -58 - -42	°C
Maximum service temperature	* 90 - 125	°C
Minimum service temperature	* -41 - -21	°C
Thermal conductivity	* 0,0981 - 0,106	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1,86e3 - 1,95e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 264 - 278	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 1,02e4 - 1,65e4	°C

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Thermal distortion resistance	* 3,6e-4	-	3,95e-4	MW/m
-------------------------------	----------	---	---------	------

**Electrical properties**

Electrical resistivity	7,14e23	-	1,4e24	μohm.cm
Electrical conductivity	1,23e-22	-	2,41e-22	%ACS
Dielectric constant (relative permittivity)	* 2,11	-	2,29	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0,00496	-	0,00726	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 24	-	26	MV/m

**Optical, aesthetic and acoustic properties**

Transparency	Transparent			
Acoustic velocity	* 35,7	-	45,2	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,07	-	0,13	

**Restricted substances risk indicators**

RoHS (EU) compliant grades?	✓
-----------------------------	---

**Critical materials risk**

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

**Absorption & permeability**

Water absorption @ 24 hrs	0,05	-	0,06	%
---------------------------	------	---	------	---

**Durability**

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Limited use
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Unacceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Fair
Flammability	Highly flammable

**Primary production energy, CO2 and water**

Embodied energy, primary production	* 92,6	-	102	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 4,37	-	4,82	kg/kg
Water usage	* 264	-	292	l/kg

**Recycling and end of life**

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 31,4	-	34,7	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 1,48	-	1,64	kg/kg
Recycle fraction in current supply	0,1			%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 42,8	-	45	MJ/kg
Combustion CO2	* 3,13	-	3,29	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

**Enlaces**

ProcessUniverse	
Producers	
Reference	

Apéndice F. Fichas técnicas de procesos obtenidos en el software EduPack.

Ficha técnica de procesos N°1. Drilling



Drilling

Página 1 de 2

General

The process

Drilling uses a rotary end cutting tool with one or more cutting lips and usually one or more flutes for the passage of chips and the admission of cutting fluid. Drilling is the fastest and most economical method of cutting a hole in solid metal. Shaped drills allow stepped holes and countersinking. Almost any material can be drilled; glass, stone and ceramic require drills with tungsten carbide or diamond tips.

Process schematic

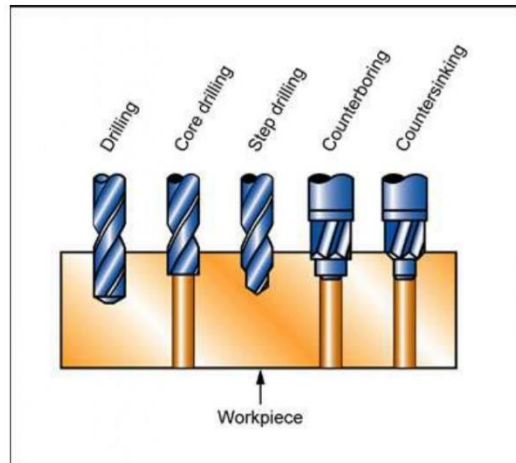


Figure caption

Drilling.

Shape

Circular prismatic	✓
Non-circular prismatic	✓
Flat sheet	✓
Dished sheet	✓
Solid 3-D	✓
Hollow 3-D	✓

Physical attributes

Mass range	0,01	-	1e3	kg
Range of section thickness	0,1	-	500	mm
Tolerance	0,031	-	0,38	mm
Roughness	0,4	-	12,5	µm

Process characteristics

Primary shaping processes	✗
Secondary shaping processes	✓
Machining processes	✓
Prototyping	✓
Discrete	✓

Economic attributes

Economic batch size (units)	1	-	1e7
Relative equipment cost	medium		
Relative tooling cost	low		
Labor intensity	high		

Supporting information

Design guidelines

Holes with depth greater than three times the diameter (such as gun barrels) require different tooling, equipment and techniques.

#### Typical uses

Drilling is the principal way of creating circular holes in castings, blanks and other components. It can be used for metals with a hardness below Rockwell 50 Rc, ceramics, glasses and polymers.

#### The economics

Manual drilling is slow, making it expensive for all but the simplest jobs. Equipment varies from manual drill presses for small quantities to multiple-spindle systems for very high production levels. Automation increases output, at the penalty of greater tooling and equipment costs. In both cases the cost rises steeply with complexity of shape because of the need to reposition the workpiece and change tooling.

#### The environment

Lubricants and cutting fluids can pose an environmental problem. Special precautions are essential when machining composites because of glass or carbon dust, and when machining toxic materials such as beryllium.

#### Enlaces

MaterialUniverse

Reference

Shape

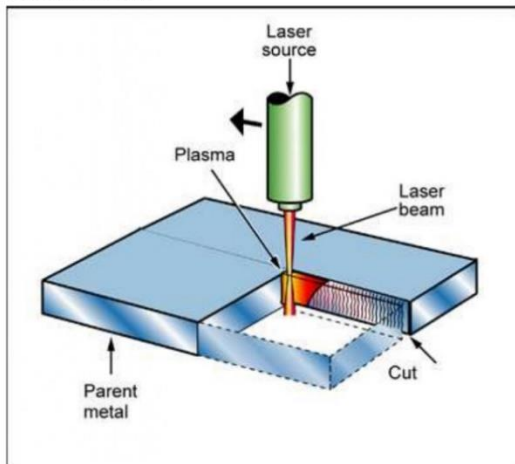
## Ficha técnica de procesos N°2. Laser cutting

#### General

##### The process

In laser cutting a focused beam of monochromatic light (the laser beam) is focused on the workpiece, creating a plasma and local melting. Shielding gas can be blown through a nozzle in the laser unit to protect the surface, though in cutting thick metal plate use is made of the exothermic oxidation of the material in the cut. The equipment is expensive, though not quite as costly as that for electron-beam processing. High volume or critical welding conditions are required to justify the necessary investment. Because laser cutting does not require a vacuum chamber, it has taken over many applications from e-beam cutting, particularly in the micro-electronics field.

##### Process schematic



##### Figure caption

Laser cutting

**Shape**

Flat sheet	✓
------------	---

**Physical attributes**

Mass range	0,001 - 100	kg
Range of section thickness	0,1 - 50	mm
Tolerance	0,05 - 1	mm
Roughness	1 - 10	µm
Cutting speed	0,001 - 0,1	m/s
Minimum cut width	0,025 - 1	mm

**Process characteristics**

Primary shaping processes	✗
Secondary shaping processes	✓
Machining processes	✓
Cutting processes	✓
Discrete	✓

**Economic attributes**

Relative equipment cost	very high
Relative tooling cost	medium
Labor intensity	low

**Supporting information****Design guidelines**

Laser cutting is fast and clean. It allows cutting of heterogeneous materials such as composites, circuit boards, fabrics and textiles.

No warranty is given for the accuracy of this data

**Typical uses**

Precision cutting of metal, ceramic, composite and polymer sheet.

**The economics**

The equipment is expensive, but the process is fast and allows automation.

**The environment**

The use of lasers requires appropriate safety precautions. Laser cutting generates fumes, requiring ventilation.

**Enlaces**

MaterialUniverse

Reference

## Ficha técnica de procesos N°3. Precision glass molding

### General

#### Designation

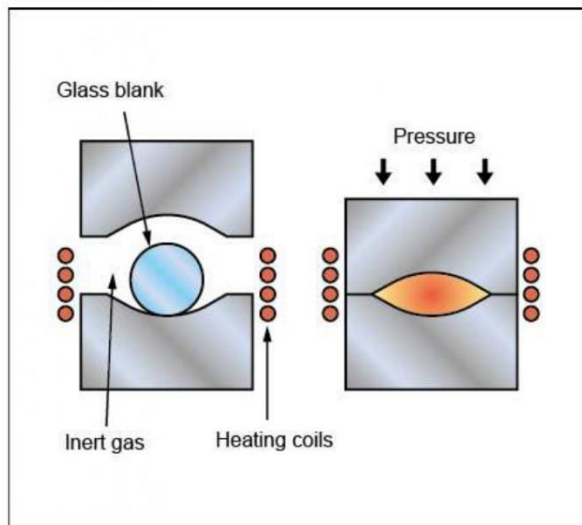
Molding: Precision glass molding

#### The process

Precision Glass Molding (PGM) is a discrete manufacturing process that allows for the production of glass components, frequently for optical applications, without the need for grinding or polishing. The glass blank is inserted into the lower molding tool. An inert gas atmosphere is generated within the molding chamber and the glass blank and molding tool are heated carefully. Once the molding temperature is reached (generally slightly above the transformation temperature) the two halves of the tool are pressed together to form the component. Initially the cooling phase is slow; the flow of gas is increased and the component is kept under load to prevent shrinkage of the glass. Once the temperature falls below transformation, the cooling rate is increased and the tools separate. Upon cooling the molding chamber opens, the component is removed and the process can be repeated.

Also known as ultra-precision glass pressing, glass press molding and glass molding.

#### Process schematic



#### Shape

Circular prismatic	✓
Non-circular prismatic	✓
Flat sheet	✓
Dished sheet	✓
Solid 3-D	✓

#### Physical attributes

Mass range	0,01 - 0,5	kg
Range of section thickness	0,5 - 20	mm
Tolerance	0,01 - 0,03	mm
Roughness	3e-5 - 1e-4	µm

#### Process characteristics

Primary shaping processes	✓
Prototyping	✓
Discrete	✓
Continuous	✗

#### Economic attributes

Economic batch size (units)	100 - 1e4
-----------------------------	-----------

Labor intensity	medium
-----------------	--------

**Cost modeling**

Relative cost index (per unit)	* 1,56e5 - 5,36e5	COP
<i>Parámetros:</i> Material Cost = 2,3e4COP/kg, Component Mass = 1kg, Batch Size = 1e3, Overhead Rate = 4,32e5COP/hr, Discourt Rab = 5%, Capital Write-off Time = 5yrs, Load Factor = 0,5		
Capital cost	* 1,44e8 - 2,88e9	COP
Material utilization fraction	0,9 - 0,99	
Production rate (units)	* 2 - 20	/hr
Tool life (units)	* 100 - 500	
Tooling cost	* 5,44e6 - 5,44e7	COP

**Supporting information**

**Design guidelines**

An important factor for successful precision glass molding is examination of the planned production volumes as only high production runs are able to compensate for additional design cost. Another consideration is the defect specification. A demanding defect specification should only be used when the product will not be subject to environmental influences. In addition, material selection impacts not only the final product but also the production process, and therefore largely determines the unit cost.

**Typical uses**

Optical lenses, aspheric lenses, diffusers, architectural glass, reflectors, optics, sight glasses, domes, fireplace shields, sight windows

**Enlaces**

MaterialUniverse  
Reference

**Ficha técnica de procesos N°4. Stamping**

**General**

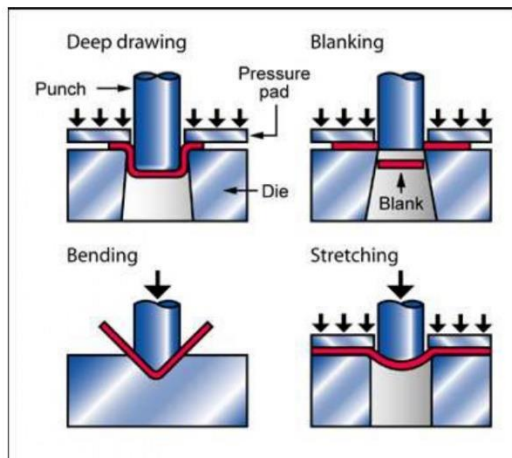
**Designation**

Deformation: Stamping

**The process**

Stamping covers a range of sheet forming processes performed by means of a die and press. Processes used include blanking, shearing, drawing, bending, forming, coining and swaging. These processes may be performed consecutively to form complex shapes. However, all shapes produced by this process have a uniform cross-sectional thickness. Only materials available in sheet form can be stamped and the thickness is limited to available sheet size.

**Process schematic**



**Shape**

Flat sheet	✓
Dished sheet	✓

**Physical attributes**

Mass range	0,001	-	1	kg
Range of section thickness	0,3	-	5	mm
Tolerance	0,1	-	0,8	mm
Roughness	0,5	-	12,5	µm

**Process characteristics**

Primary shaping processes	✗
Secondary shaping processes	✓
Machining processes	✗
Prototyping	✗
Discrete	✓
Continuous	✗

**Economic attributes**

Economic batch size (units)	2,5e4	-	2,5e5
Labor intensity	low		

**Cost modeling**

Relative cost index (per unit)	3,77e4	-	8,93e4	COP
<small>Parámetros: Material Cost = 2,3e4COP/kg, Component Mass = 1kg, Batch Size = 1e3, Overhead Rate = 4,32e5COP/hr, Discount Rate = 5%, Capital Write-off Time = 5yrs, Load Factor = 0,5</small>				
Capital cost	2,71e7	-	2,71e8	COP
Material utilization fraction	0,7	-	0,8	

No warranty is given for the accuracy of this data

Production rate (units)	200	-	2e3	/hr
Tool life (units)	1e4	-	1e5	
Tooling cost	5,42e6	-	5,42e7	COP

**Supporting information****Design guidelines**

Shapes are formed from sheet stock, hence have constant cross-sectional thickness. Intricate shapes possible using drawing/bending/forming operations. Shapes with holes, tabs, recesses, cavities and raised sections are common.

**Technical notes**

Most commonly used with metals, particularly steels. Other metals used include Al, Cu, Ni, Zn, Mg and Ti alloys. Also used with some polymers and composites, though most can only be formed by blanking/shearing. Wall thickness is essentially uniform.

**Typical uses**

Brackets, various mechanical parts, pans, cups, key blanks, hinges, washers, small watch parts, etc.

**The economics**

Tooling cost range covers small and simple to large and complex dies. Progressive dies may be used to execute a number of operations at the same station giving high production rates. Tools are dedicated and, therefore, tooling costs are high.

**Enlaces**

MaterialUniverse
Reference
Shape

### Ficha técnica de procesos N°5. Hot metal extrusion



**General**

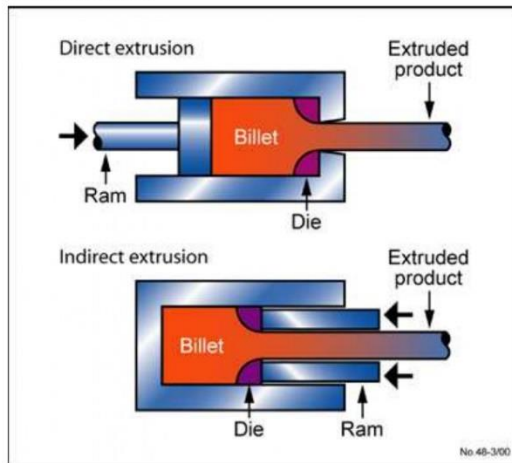
**Designation**

Deformation: Hot Extrusion

**The process**

In hot extrusion, a compressive force is applied to a metal billet to force it to flow through a shaped die. There are two methods: direct extrusion, in which the die is stationary and the metal is forced through it by a moving ram. In indirect extrusion, the die itself compresses the stationary billet and the container, resulting in lower extrusion forces, but the equipment is more complex and the product length is restricted. Hot extrusion is limited to ductile metals with room temperature hardness below 6 GPa and melting points below 2000 K. A variant of the process - hydrostatic extrusion - may be used with brittle materials. The process is frequently subject to lower tolerances due to effects of heat and die wear. Better tolerances can be achieved by cold drawing as a secondary process. Steels usually require a molten glass lubricant (Sejourmet process). Rolling is frequently more economical for suitable, simple shapes and large production runs.

**Process schematic**



**Shape**

Circular prismatic	✓
Non-circular prismatic	✓

**Physical attributes**

Mass range	1	-	500	kg
Range of section thickness	1	-	100	mm
Tolerance	0,5	-	2	mm
Roughness	0,8	-	12,5	µm

**Process characteristics**

Primary shaping processes	✓
Secondary shaping processes	✗
Machining processes	✗
Prototyping	✗
Discrete	✗
Continuous	✓

**Economic attributes**

Economic batch size (units)	50	-	1e4
Labor intensity	low		

**Cost modeling**

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Relative cost index (per unit)	* 3,7e4	-	1,05e5	COP
<small>Parámetros: Material Cost = 2,3e4COP/kg, Component Mass = 1kg, Batch Size = 1e3, Component Length = 1m, Overhead Rate = 4,32e5COP/hr, Discount Rate = 5%, Capital Write-off Time = 5yrs, Load Factor = 0,5</small>				
Capital cost	* 5,42e8	-	5,42e9	COP
Material utilization fraction	0,9	-	0,98	
Production rate (length)	0,01	-	5	m/s
Tool life (length)	100	-	1e5	m
Tooling cost	2,71e6	-	1,36e7	COP

**Supporting information**

**Design guidelines**

Limited to shapes of constant cross section. Cross section may be intricate (depending on material extrudability).

**Technical notes**

Wide variety of metals are extruded. The most common are: aluminum and aluminum alloys, copper and copper alloys, magnesium, low-carbon and medium-carbon steels, low-alloy steels and stainless steels. Symmetrical cross sections and generous radii are advantageous. The ratio of length to thickness of any section of an extrusion should not exceed 14:1 for steels. For magnesium the limit is 20:1.

**Typical uses**

Wide variety of sections including tubing, window frames, building and automotive trim, aircraft structural parts, railings, etc.

**The economics**

Tooling cost range covers small and simple to large and complex dies.

**Enlaces**

- MaterialUniverse
- Reference
- Shape
- Structural Sections

**Ficha tecnica de procesos N°6. Stamping**

**General**

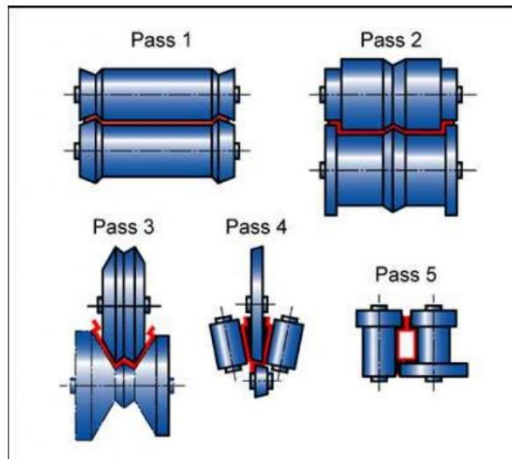
**Designation**

Deformation: Roll Forming

**The process**

Roll forming is a continuous sheet metal forming process. A strip of sheet metal is fed continuously through a series of shaped rolls. As the stock passes through the rolls, it is gradually formed into the desired shape. The process is suited for producing long lengths of constant complex cross-section. Hollow parts (e.g. tubes and pipes) are possible by incorporating seam welding into the process. High production rates, tooling and capital costs make the process economical only for high production levels.

**Process schematic**



**Shape**

Circular prismatic	✓
Non-circular prismatic	✓
Dished sheet	✓

**Physical attributes**

Mass range	0,1	-	100	kg
Range of section thickness	0,25	-	4	mm
Tolerance	0,25	-	0,5	mm
Roughness	0,4	-	1,6	μm

**Process characteristics**

Primary shaping processes	✗
Secondary shaping processes	✓
Machining processes	✗
Prototyping	✗
Discrete	✗
Continuous	✓

**Cost modeling**

Relative cost index (per unit)	4,59e4	-	8,67e4	COP
<small>Parámetros: Material Cost = 2,3e4COP/kg, Component Mass = 1kg, Batch Size = 1e3, Component Length = 1m, Overhead Rate = 4,32e5COP/hr, Discount Rate = 5%, Capital Write-off Time = 5yrs, Load Factor = 0,5</small>				
Capital cost	8,14e8	-	1,9e9	COP
Material utilization fraction	0,9	-	0,98	
Production rate (length)	0,015	-	1	m/s
Tool life (length)	1e4	-	5e5	m
Tooling cost	1,63e7	-	5,42e7	COP

No warranty is given for the accuracy of this data

**Supporting information****Design guidelines**

Complex shapes with constant cross-section. Symmetrical (about centerline) shapes are best.

**Technical notes**

Any cold-formable material. Low carbon steels are most frequently used. Also aluminum, bronze, brass, copper, zinc and other steels may be used.  
The process is best suited for longer parts with complex cross-sectional shapes.

**Typical uses**

Roof and wall panels, joists, window frames, guttering, architectural trim, curtain rods, sliding door tracks, bicycle wheels, pipe, etc.

**Enlaces**

MaterialUniverse	
Reference	
Shape	

**Apéndice G. Informe Eco Audit.**

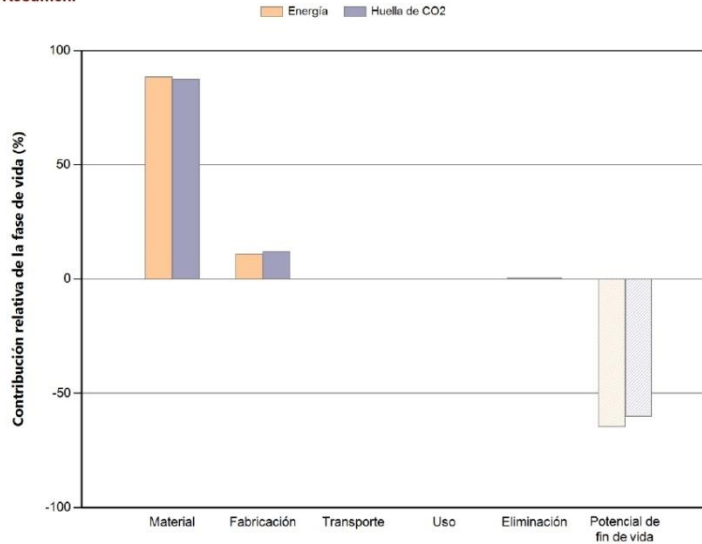
En el presente apéndice podrá encontrar en informe obtenido en el estudio Eco Audit realizado en el software EduPack para el sistema.



**Informe de Eco Audit**

Nombre del producto: Sistema de cultivo intensivo de alimentos  
 País de uso: Mundo  
 Vida del producto (años): 20

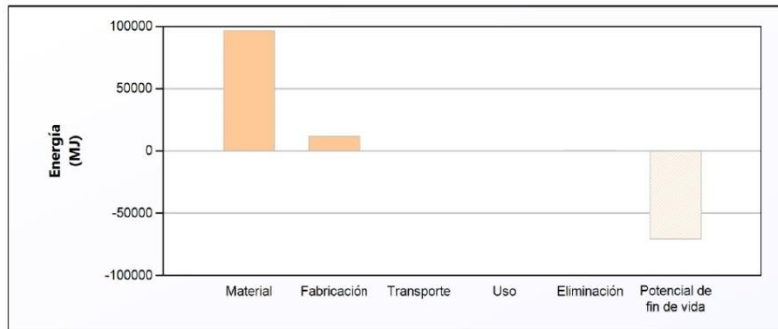
**Resumen:**



Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	Huella de CO2 (kg)	Huella de CO2 (%)
<b>Material</b>	9,7e+04	88,6	6,51e+03	87,4
<b>Fabricación</b>	1,19e+04	10,9	897	12,0
<b>Transporte</b>	6,57	0,0	0,473	0,0
<b>Uso</b>	0	0,0	0	0,0
<b>Eliminación</b>	560	0,5	39,2	0,5
Total (para primera vida)	<b>1,09e+05</b>	<b>100</b>	<b>7,45e+03</b>	<b>100</b>
<b>Potencial de fin de vida</b>	-7,08e+04		-4,48e+03	

**ANÁLISIS DE ENERGÍA**

**Resumen**



	Energía (MJ / año)
Carga ambiental anual equivalente (promediada a lo largo de 20 año/s de vida útil del producto):	5,47e+03

**Desglose detallado de las fases de vida individual**

**Material:**

Componente	Material	% reciclado*	m (kg) pieza	Uds.	Resumen		
					m total (kg)	Energía (MJ)	%
Almohada pequeña	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,0022	16	0,035	20	0,0
Almohada grande	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,0027	30	0,081	46	0,0
Base almohada pequeña	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,52	16	8,3	1,1e+03	1,1
Base almohada grande	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,53	30	16	2,1e+03	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Aluminum, 6082, T6	% típico	2,1	2	4,2	5,4e+02	0,6
Repisa tomate-pimentón	Aluminum, 6082, T6	% típico	1,3	1	1,3	1,7e+02	0,2
Repisa zanahoria	Aluminum, 6082, T6	% típico	4,5	1	4,5	5,7e+02	0,6
Seguros para almohadas	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,005	92	0,46	60	0,1
Contenedor	Aluminum, 6082, T6	% típico	6,8e+02	1	6,8e+02	8,8e+04	90,3
Soportes separaciones de sección	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,14	16	2,3	1,3e+02	0,1
Soportes bases para repisas	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	Virgen (0%)	0,091	16	1,5	1,2e+02	0,1
Ruedas	PA410 (impact modified)	Virgen (0%)	0,17	4	0,69	1,5e+02	0,2
Unión ruedas	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,24	4	0,96	55	0,1
Marco de la puerta	Aluminum, 6082, T6	% típico	21	1	21	2,7e+03	2,7
Goma de la puerta	SEBS (Shore A50)	Virgen (0%)	3,7	1	3,7	3,6e+02	0,4
Vidrio de la puerta	Borosilicate - 7740	% típico	52	1	52	1,1e+03	1,2
Seguro de la puerta	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,66	1	0,66	38	0,0
Bisagras	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,043	2	0,086	4,9	0,0
Magueras	Ethylene propylene (diene) (EPDM/EPM, 30-50% carbon black, plasticized)	Virgen (0%)	0,099	1	0,099	13	0,0
Tornillos	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,018	216	3,8	2,2e+02	0,2
<b>Total</b>				<b>452</b>	<b>8e+02</b>	<b>9,7e+04</b>	<b>100</b>

\*Típico: Incluye fracción de reciclaje en el suministro actual

**Fabricación:**

Resumen

Componente	Proceso	Uds.	Energía (MJ)	%
Almohada pequeña	Extrusión de polímeros	0,035 kg	0,23	0,0
Almohada grande	Extrusión de polímeros	0,081 kg	0,53	0,0
Base almohada pequeña	Extrusión, laminado	8,3 kg	1,3e+02	1,1
Base almohada grande	Extrusión, laminado	16 kg	2,5e+02	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Extrusión, laminado	4,2 kg	65	0,5
Repisa tomate-pimentón	Extrusión, laminado	1,3 kg	21	0,2
Repisa zanahoria	Extrusión, laminado	4,5 kg	69	0,6
Seguros para almohadas	Extrusión, laminado	0,46 kg	7,2	0,1
Contenedor	Extrusión, laminado	6,8e+02 kg	1,1e+04	88,9
Soportes separaciones de sección	Extrusión, laminado	2,3 kg	33	0,3
Soportes bases para repisas	Extrusión, laminado	1,5 kg	21	0,2
Ruedas	Moldeo de polímeros	0,69 kg	14	0,1
Unión ruedas	Extrusión, laminado	0,96 kg	14	0,1
Marco de la puerta	Perfilado	21 kg	1,6e+02	1,4
Goma de la puerta	Extrusión de polímeros	3,7 kg	23	0,2
Vidrio de la puerta	Moldeo de vidrio	52 kg	4,5e+02	3,8
Seguro de la puerta	Extrusión, laminado	0,66 kg	9,6	0,1
Bisagras	Extrusión, laminado	0,086 kg	1,2	0,0
Magueras	Moldeo de polímeros	0,099 kg	1,7	0,0
Tornillos	Extrusión, laminado	3,8 kg	55	0,5
<b>Total</b>			<b>1,2e+04</b>	<b>100</b>

**Transporte:**

[Resumen](#)

**Desglose por etapa de transporte**

Nombre de etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Transporte sistema	Camión de 40 toneladas (6 ejes)	10	6,6	100,0
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>6,6</b>	<b>100</b>

**Desglose por componentes**

Componente	Masa (kg)	Energía (MJ)	%
Almohada pequeña	0,035	0,00029	0,0
Almohada grande	0,081	0,00067	0,0
Base almohada pequeña	8,3	0,068	1,0
Base almohada grande	16	0,13	2,0
Repisa cebolla y lechuga	4,2	0,034	0,5
Repisa tomate-pimentón	1,3	0,011	0,2
Repisa zanahoria	4,5	0,036	0,6
Seguros para almohadas	0,46	0,0038	0,1
Contenedor	6,8e+02	5,6	84,8
Soportes separaciones de sección	2,3	0,019	0,3
Soportes bases para repisas	1,5	0,012	0,2
Ruedas	0,69	0,0057	0,1
Unión ruedas	0,96	0,0079	0,1
Marco de la puerta	21	0,17	2,6
Goma de la puerta	3,7	0,03	0,5
Vidrio de la puerta	52	0,43	6,5
Seguro de la puerta	0,66	0,0054	0,1
Bisagras	0,086	0,0007	0,0
Magueras	0,099	0,00081	0,0
Tornillos	3,8	0,031	0,5
<b>Total</b>	<b>8e+02</b>	<b>6,6</b>	<b>100</b>

**Uso:**

[Resumen](#)

**Contribución relativa de los modos estáticos y móviles**

Modo	Energía (MJ)	%
Estático	0	
Móvil	0	
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

**Eliminación:**

[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%
Almohada pequeña	Reutilizar	0,0071	0,0
Almohada grande	Reutilizar	0,016	0,0
Base almohada pequeña	Reciclar	5,8	1,0
Base almohada grande	Reciclar	11	2,0
Repisa cebolla y lechuga	Reciclar	2,9	0,5
Repisa tomate-pimentón	Reciclar	0,94	0,2
Repisa zanahoria	Reciclar	3,1	0,6
Seguros para almohadas	Reciclar	0,32	0,1
Contenedor	Reciclar	4,8e+02	84,9
Soportes separaciones de sección	Reciclar	1,6	0,3
Soportes bases para repisas	Reciclar	1	0,2
Ruedas	Reciclar	0,49	0,1
Unión ruedas	Reciclar	0,67	0,1
Marco de la puerta	Reciclar	14	2,6
Goma de la puerta	Reciclar	2,6	0,5
Vidrio de la puerta	Reciclar	37	6,5
Seguro de la puerta	Reciclar	0,46	0,1

Bisagras	Reciclar	0,06	0,0
Magueras	Reutilizar	0,02	0,0
Tornillos	Reciclar	2,7	0,5
Total		<b>5,6e+02</b>	<b>100</b>

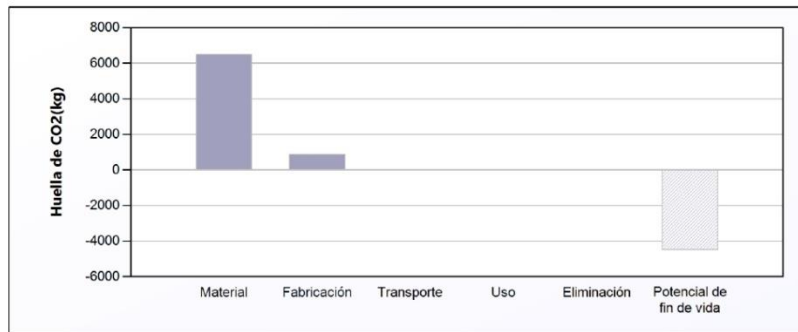
**Potencial de fin de vida:**

[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%
Almohada pequeña	Reutilizar	-20	0,0
Almohada grande	Reutilizar	-46	0,1
Base almohada pequeña	Reciclar	-7,9e+02	1,1
Base almohada grande	Reciclar	-1,5e+03	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Reciclar	-4e+02	0,6
Repisa tomate-pimentón	Reciclar	-1,3e+02	0,2
Repisa zanahoria	Reciclar	-4,2e+02	0,6
Seguros para almohadas	Reciclar	-44	0,1
Contenedor	Reciclar	-6,5e+04	91,2
Soportes separaciones de sección	Reciclar	-91	0,1
Soportes bases para repisas	Reciclar	-93	0,1
Ruedas	Reciclar	-98	0,1
Unión ruedas	Reciclar	-39	0,1
Marco de la puerta	Reciclar	-2e+03	2,8
Goma de la puerta	Reciclar	-2,4e+02	0,3
Vidrio de la puerta	Reciclar	-1,6e+02	0,2
Seguro de la puerta	Reciclar	-27	0,0
Bisagras	Reciclar	-3,5	0,0
Magueras	Reutilizar	-13	0,0
Tornillos	Reciclar	-1,5e+02	0,2
Total		<b>-7,1e+04</b>	<b>100</b>

**ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO**

[Resumen](#)



	CO2 (kg/año)
Carga ambiental anual equivalente (promediada a lo largo de 20 año/s de vida útil del producto):	372

**Desglose detallado de las fases de vida individual**

**Material:**

[Resumen](#)

Componente	Material	% reciclado*	m (kg) pieza	Uds.	m total (kg)	HueLLa de CO2(kg)	%
Almohada pequeña	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,0022	16	0,035	1,3	0,0
Almohada grande	PEEK (40% carbon fiber)	Virgen (0%)	0,0027	30	0,081	3,1	0,0
Base almohada pequeña	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,52	16	8,3	72	1,1



Informe de Eco Audit

Base almohada grande	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,53	30	16	1,4e+02	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Aluminum, 6082, T6	% típico	2,1	2	4,2	36	0,6
Repisa tomate-pimentón	Aluminum, 6082, T6	% típico	1,3	1	1,3	12	0,2
Repisa zanahoria	Aluminum, 6082, T6	% típico	4,5	1	4,5	39	0,6
Seguros para almohadas	Aluminum, 6082, T6	% típico	0,005	92	0,46	4	0,1
Contenedor	Aluminum, 6082, T6	% típico	6,8e+02	1	6,8e+02	5,9e+03	90,6
Soportes separaciones de sección	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,14	16	2,3	9,5	0,1
Soportes bases para repisas	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	Virgen (0%)	0,091	16	1,5	8,5	0,1
Ruedas	PA410 (impact modified)	Virgen (0%)	0,17	4	0,69	3,9	0,1
Unión ruedas	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,24	4	0,96	4	0,1
Marco de la puerta	Aluminum, 6082, T6	% típico	21	1	21	1,8e+02	2,3
Goma de la puerta	SEBS (Shore A50)	Virgen (0%)	3,7	1	3,7	17	0,3
Vidrio de la puerta	Borosilicate - 7740	% típico	52	1	52	68	1,0
Seguro de la puerta	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,66	1	0,66	2,8	0,0
Bisagras	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,043	2	0,086	0,36	0,0
Magueras	Ethylene propylene (diene) (EPDM/EPM, 30-50% carbon black, plasticized)	Virgen (0%)	0,099	1	0,099	0,3	0,0
Tornillos	Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, cold worked	% típico	0,018	216	3,8	16	0,2
<b>Total</b>				<b>452</b>	<b>8e+02</b>	<b>6,5e+03</b>	<b>100</b>

\*Típico: Incluye 'fracción de reciclaje en el suministro actual'

Fabricación:

[Resumen](#)

Componente	Proceso	Uds.	Huella de CO2(kg)	%
Almohada pequeña	Extrusión de polímeros	0,035 kg	0,017	0,0
Almohada grande	Extrusión de polímeros	0,081 kg	0,04	0,0
Base almohada pequeña	Extrusión, laminado	8,3 kg	9,7	1,1
Base almohada grande	Extrusión, laminado	16 kg	19	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Extrusión, laminado	4,2 kg	4,9	0,5
Repisa tomate-pimentón	Extrusión, laminado	1,3 kg	1,6	0,2
Repisa zanahoria	Extrusión, laminado	4,5 kg	5,2	0,6
Seguros para almohadas	Extrusión, laminado	0,46 kg	0,54	0,1
Contenedor	Extrusión, laminado	6,8e+02 kg	7,9e+02	88,6
Soportes separaciones de sección	Extrusión, laminado	2,3 kg	2,5	0,3
Soportes bases para repisas	Extrusión, laminado	1,5 kg	1,6	0,2
Ruedas	Moldeo de polímeros	0,69 kg	1,1	0,1
Unión ruedas	Extrusión, laminado	0,96 kg	1	0,1
Marco de la puerta	Perfilado	21 kg	12	1,4
Goma de la puerta	Extrusión de polímeros	3,7 kg	1,7	0,2
Vidrio de la puerta	Moldeo de vidrio	52 kg	36	4,0
Seguro de la puerta	Extrusión, laminado	0,66 kg	0,71	0,1
Bisagras	Extrusión, laminado	0,086 kg	0,093	0,0
Magueras	Moldeo de polímeros	0,099 kg	0,13	0,0
Tornillos	Extrusión, laminado	3,8 kg	4,1	0,5
<b>Total</b>			<b>9e+02</b>	<b>100</b>

Transporte:

[Resumen](#)

Desglose por etapa de transporte

Nombre de etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Transporte sistema	Camión de 40 toneladas (6 ejes)	10	0,47	100,0
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>0,47</b>	<b>100</b>

Desglose por componentes

Componente	Masa (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
------------	-----------	--------------------	---

Almohada pequeña	0,035	2,1e-05	0,0
Almohada grande	0,081	4,8e-05	0,0
Base almohada pequeña	8,3	0,0049	1,0
Base almohada grande	16	0,0094	2,0
Repisa cebolla y lechuga	4,2	0,0025	0,5
Repisa tomate-pimentón	1,3	0,00079	0,2
Repisa zanahoria	4,5	0,0026	0,6
Seguros para almohadas	0,46	0,00027	0,1
Contenedor	6,8e+02	0,4	84,8
Soportes separaciones de sección	2,3	0,0013	0,3
Soportes bases para repisas	1,5	0,00086	0,2
Ruedas	0,69	0,00041	0,1
Unión ruedas	0,96	0,00057	0,1
Marco de la puerta	21	0,012	2,6
Goma de la puerta	3,7	0,0022	0,5
Vidrio de la puerta	52	0,031	6,5
Seguro de la puerta	0,66	0,00039	0,1
Bisagras	0,086	5,1e-05	0,0
Magueras	0,099	5,8e-05	0,0
Tornillos	3,8	0,0023	0,5
Total	<b>8e+02</b>	<b>0,47</b>	<b>100</b>

## Uso:

[Resumen](#)

## Contribución relativa de los modos estáticos y móviles

Modo	Huella de CO2(kg)	%
Estático	0	
Móvil	0	
Total	<b>0</b>	<b>100</b>

## Eliminación:

[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Huella de CO2(kg)	%
Almohada pequeña	Reutilizar	0,0005	0,0
Almohada grande	Reutilizar	0,0011	0,0
Base almohada pequeña	Reciclar	0,41	1,0
Base almohada grande	Reciclar	0,78	2,0
Repisa cebolla y lechuga	Reciclar	0,21	0,5
Repisa tomate-pimentón	Reciclar	0,066	0,2
Repisa zanahoria	Reciclar	0,22	0,6
Seguros para almohadas	Reciclar	0,023	0,1
Contenedor	Reciclar	33	84,9
Soportes separaciones de sección	Reciclar	0,11	0,3
Soportes bases para repisas	Reciclar	0,071	0,2
Ruedas	Reciclar	0,034	0,1
Unión ruedas	Reciclar	0,047	0,1
Marco de la puerta	Reciclar	1	2,6
Goma de la puerta	Reciclar	0,18	0,5
Vidrio de la puerta	Reciclar	2,6	6,5
Seguro de la puerta	Reciclar	0,032	0,1
Bisagras	Reciclar	0,0042	0,0
Magueras	Reutilizar	0,0014	0,0
Tornillos	Reciclar	0,19	0,5
Total		<b>39</b>	<b>100</b>

## Potencial de vida:

[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Huella de CO2(kg)	%
Almohada pequeña	Reutilizar	-1,3	0,0
Almohada grande	Reutilizar	-3,1	0,1
Base almohada pequeña	Reciclar	-50	1,1
Base almohada grande	Reciclar	-96	2,1
Repisa cebolla y lechuga	Reciclar	-25	0,6
Repisa tomate-pimentón	Reciclar	-8,1	0,2
Repisa zanahoria	Reciclar	-27	0,6
Seguros para almohadas	Reciclar	-2,8	0,1
Contenedor	Reciclar	-4,1e+03	91,2
Soportes separaciones de sección	Reciclar	-6,4	0,1
Soportes bases para repisas	Reciclar	-6,6	0,1
Ruedas	Reciclar	-2,5	0,1
Unión ruedas	Reciclar	-2,7	0,1
Marco de la puerta	Reciclar	-1,2e+02	2,8
Goma de la puerta	Reciclar	-11	0,2
Vidrio de la puerta	Reciclar	-17	0,4
Seguro de la puerta	Reciclar	-1,9	0,0
Bisagras	Reciclar	-0,24	0,0
Magueras	Reutilizar	-0,3	0,0
Tornillos	Reciclar	-11	0,2
Total		<b>-4,5e+03</b>	<b>100</b>