

**Máster en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador.  
(CAD-CAM-CIM)**

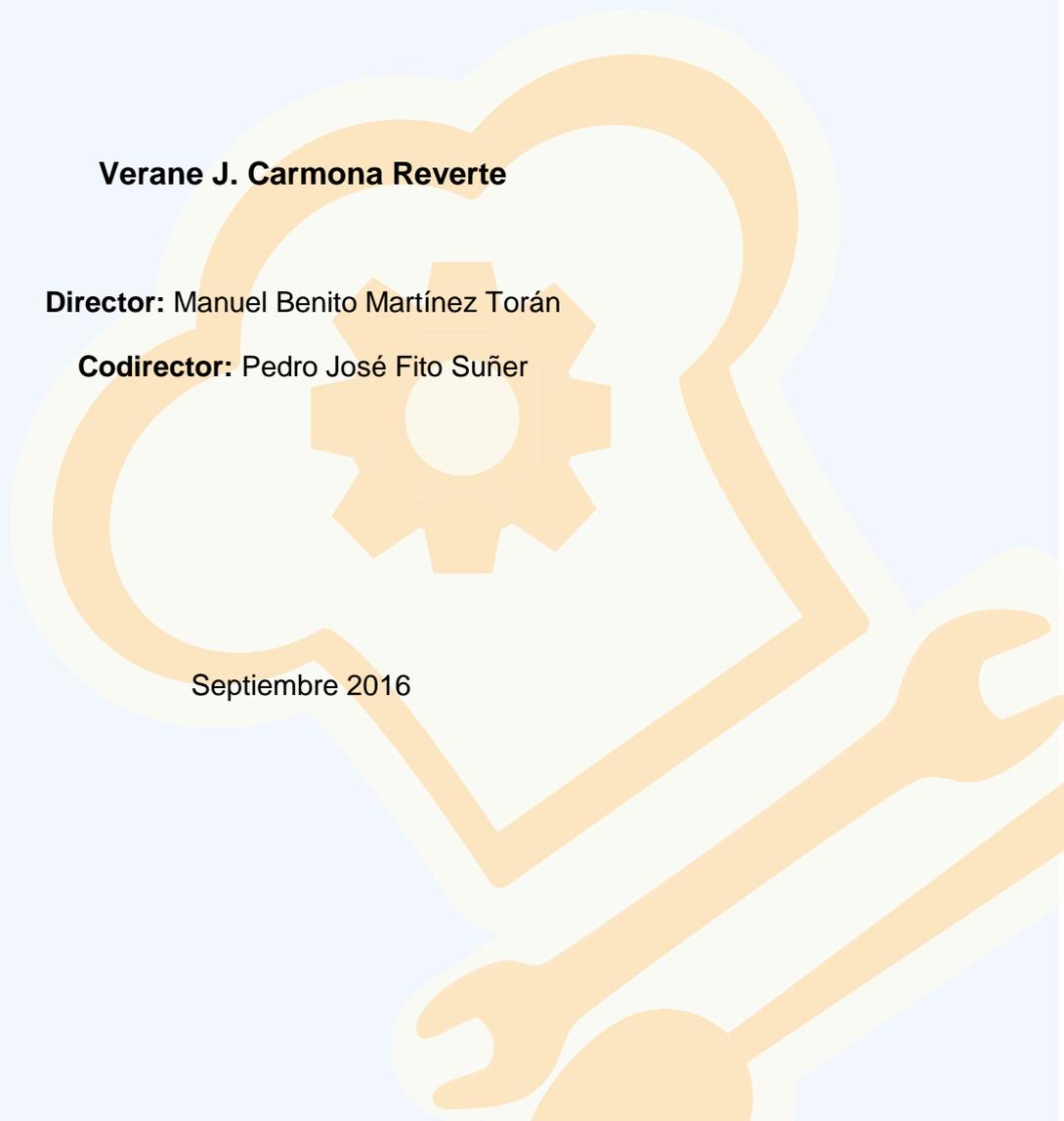
## **Diseño y Prototipado de Extrusor para Impresora 3D de alimentos**

**Verane J. Carmona Reverte**

**Director:** Manuel Benito Martínez Torán

**Codirector:** Pedro José Fito Suñer

Septiembre 2016





### ***Agradecimientos.***

*A mi familia que siempre ha estado apoyándome y animándome a perseguir mis sueños. Por todo su esfuerzo y sacrificio que han hecho para que pueda llegar hasta aquí.*

*A José que ha sido sin duda mi gran apoyo. Gracias por animarme y darme fuerzas para afrontarlo todo.*

*A mis amigos por apoyarme siempre y conseguir sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles.*

*A Manolo por brindarme la oportunidad de trabajar en éste proyecto y por su paciencia, entusiasmo y docencia.*

*A Elena por su ayuda y apoyo en este proyecto. Hemos formado un gran equipo y me alegro haber conocido a una persona tan llena de energía y luchadora como tú.*

*A Pedro por toda la ayuda que me ha prestado para la realización de este proyecto.*

## Resumen

El siguiente proyecto representa la primera fase del desarrollo de una impresora 3D para conseguir geometrías alimenticias que requieran tanto operaciones de calentamiento y deshidratación, como de enfriamiento. Esta primera etapa se centra en el diseño y construcción de un extrusor que permita adaptarse a una impresora 3D de tipo Delta y realizar ensayos con alimentos que han sido estudiados y elaborados específicamente para ser impresos.

Para diseñar el extrusor era necesario documentarse sobre el mundo de la fabricación aditiva y sus distintas tecnologías de impresión. Seguidamente, se ha efectuado un estudio preliminar centrándose en las impresoras 3D del sector alimentario y los diversos procesos de impresión de alimentos que existen.

Tras esto, se prepara el plan de trabajo, ensamblando la impresora 3D para poder tomar las medidas necesarias del volumen de impresión disponible. Consecutivamente, se ha realizado el diseño conceptual del extrusor, incluyendo las limitaciones del volumen que permite la impresora y las necesidades impuestas por el alimento elaborado, el cual fue escogido tras efectuar los estudios de cinética de secado y de reología para analizar su comportamiento.

Posteriormente, tras analizar las distintas alternativas para el extrusor, así como agrupar, examinar y fabricar los elementos adicionales para su correcta actividad, se procede a desarrollar el prototipo del extrusor. A continuación, se somete el producto a unas pruebas y se anotan sus resultados

Por último, se ha desarrollado el presupuesto del prototipo junto con los planos normalizados necesarios, y se ha expuesto una propuesta futura para el seguimiento del proyecto.

## Resum

El següent projecte representa la primera fase del desenvolupament d'una impressora 3D per a aconseguir geometries alimentàries que requerisquen tant operacions de calfament i deshidratació, com de refredament. Aquesta primera etapa es centra en el disseny i construcció d'un extrusor que permeta adaptar-se a una impressora 3D de tipus Delta i realitzar assajos amb aliments que han sigut estudiats i elaborats específicament per a ser impresos.

Per a dissenyar l'extrusor era necessari documentar-se sobre el món de la fabricació additiva i les seues distintes tecnologies d'impressió. A continuació, s'ha efectuat un estudi preliminar centrant-se en les impressores 3D del sector alimentari i els diversos processos d'impressió d'aliments que existixen.

Després d'açò, es prepara el pla de treball, acoblant la impressora 3D per a poder prendre les mesures necessàries del volum d'impressió disponible. Consecutivament, s'ha realitzat el disseny conceptual de l'extrusor, incloent les limitacions del volum que permet la impressora i les necessitats imposades per l'aliment elaborat, el qual va ser triat després d'efectuar els estudis de cinètica d'assecat i de reologia per a analitzar el seu comportament.

Posteriorment, després d'analitzar les distintes alternatives per a l'extrusor, així com agrupar, examinar i fabricar els elements addicionals per a la seua correcta activitat, es procedix a desenvolupar el prototip de l'extrusor. A continuació, es sotmet el producte a unes proves i s'anoten els seus resultats

Finalment, s'ha desenvolupat el pressupost del prototip junt amb els plans normalitzats necessaris, i s'ha exposat una proposta futura per al seguiment del projecte.

## Abstract

The following Project represents the first phase of development of a 3D printer for food geometries requiring both heating and dehydration operations, and cooling. This first phase focuses on the design and construction of an extruder for adapting to a 3D printer Delta type and perform test with foods that have been studied and developed specifically for printing.

To design the extruder was necessary documented on the world of additive manufacturing and different printing technologies. Then, it has made a preliminary study focusing on 3D printers in the food sector and the different printing processes food in the world.

After this, the work plan is prepared, joining the 3D printer to take the necessary measures print volumen available. Consecutively, it has completed the conceptual design of the extruder, including volumen limitations that allows the printer and the needs imposed by the processed food, which was chosen after conducting studies drying kinetics and rheology to analyze their behavior.

Later, after analyzing the various alternatives for the extruder, as well as grouping, review and produce additional elements for proper activity, we proceed to develop the prototype of the extruder. Then the product is subjected to tests and their results are recorded.

Finally, it has developed a prototype Budget along with the standard necessary plans, and has exposed a future proposal for monitoring the Project.

# Índice

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	2
3. El mundo 3D.....	3
3.1 Terminología.....	3
3.2 Tipos de impresoras 3D y los distintos sectores .....	3
4. Estudio Preliminar.....	5
4.1 Estado del arte .....	5
4.2 Estudio de mercado.....	6
4.2.1 Entorno del usuario actual. ....	6
4.2.2 Estudio de competencia .....	9
4.3 Especificaciones y caracterizaciones alimentarias.....	14
4.4 Disposiciones presentes.....	19
4.5 Sistemas de alimentación de un extrusor .....	21
5. Diseño Conceptual .....	23
5.1 Maquinaria.....	23
5.2 Selección y elaboración del alimento.....	25
5.3 Justificación del sistema de alimentación del extrusor .....	26
5.4 Diferentes alternativas .....	27
6. Plan de trabajo.....	30
6.1 Montaje de la impresora 3D, bomba peristáltica y otros componentes.....	30
6.1.1 Impresora 3D.....	30
6.1.2 Bomba Peristáltica y sistema de refrigeración .....	31
6.1.3 Otros Componentes.....	33
6.2 Estudio de las masas panarias .....	35
6.2.1 Reometría.....	35

6.2.2	Cinética de secado.....	37
6.3	Evaluación.....	41
7.	Prototipado.....	43
7.1	Desarrollo de la propuesta (CAD).....	43
7.2	Análisis estructural (CAE).....	48
7.2.1	Análisis estático.....	48
7.2.2	Simulación de fluidos.....	57
7.3	Prototipo.....	58
7.4	Ensayos 3D.....	62
7.4.1	Comprobación del cierre retórico y estanqueidad del extrusor.....	62
7.4.2	Comprobación del sistema de refrigeración.....	63
7.4.3	Pruebas de impresión 3D.....	63
7.5	Resultados.....	66
8.	Presupuesto del prototipo.....	68
9.	Planimetría.....	69
10.	Propuesta Futura.....	77
11.	Bibliografía.....	78
12.	Anexos.....	84
12.1	Anexo 1. Glosario.....	84
12.2	Anexo 2. Montaje de la impresora 3D.....	86
12.3	Anexo 3. Bombas Utilizadas.....	88
12.4	Anexo 4. Normativa.....	89

# 1. Introducción.

El mundo de la impresión 3D ya no suena tan futurista, poco a poco se ha ido haciendo un hueco en el entorno. Su progreso e innovación está en continuo avance afectando a múltiples sectores de la industria, tales como el medicinal, artístico, alimentario, etc. Hasta hace poco sólo existían prototipos y muchas ideas, pero hoy en día empiezan a asomar la cabeza con algo más estable. No obstante, no todos los sectores presentan el mismo avance [1].

El proyecto se adentra en un reto tecnológico e innovador, dónde su propósito es desarrollar una impresora 3D para obtener geometrías alimenticias que requieran tanto operaciones de calentamiento y deshidratación, como de enfriamiento. Para llevar a cabo este propósito, se inicia con la construcción de un extrusor incorporando un sistema de refrigeración consiguiendo un aislamiento térmico del sistema de deshidratación y lograr imprimir alimentos precocinados. El sector alimentario se mantiene en una fase de investigación y exploración que proporciona un terreno lleno de posibilidades, sin embargo, es a su vez complejo y caprichoso lo que dificulta la realización de cualquier extrusor. Este trabajo de fin de máster representa la primera fase de la elaboración de un extrusor para poder imprimir alimentos, el cual se centra en la fabricación de un primer prototipo con la intención de diseñar posteriormente una impresora 3D específica para este extrusor.

Para poder montar el extrusor se llevará a cabo una investigación de la situación tecnológica de las impresoras 3D y productos ya existentes. La selección del sistema de alimentación del extrusor se condiciona por el alimento escogido, el cual es analizado y estudiado específicamente para poder imprimirse, y la cantidad que se desea trabajar. Paralelamente, se construye el plan de trabajo, ya que proporcionará los datos de volumen de impresión y espacio que se dispone para producto. También se prueba el sistema de alimentación y refrigeración que requiere el extrusor.

Una vez anotados los resultados del estudio del alimento y de la bomba peristáltica, se procede al desarrollo del extrusor cumpliendo los requisitos requeridos. Seguidamente, se elaboran unas pruebas y se detallan los resultados obtenidos.

En conclusión, en el siguiente proyecto se expone el primer paso de la elaboración de un extrusor para alimentos focalizándose en un sistema de alimentación que pueda permitir trabajar con grandes cantidades de alimentos y con un sistema de deshidratación pudiendo obtener una figura alimenticia precocinada.

## 2. Objetivos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente comentado, resulta de gran interés diseñar y crear un extrusor para una impresora 3D que permita obtener alimentos precocinados, destacando y recordando el hecho de que es un sector con múltiples posibilidades de innovación. Pero diseñar un extrusor para alimentos requiere atacar el proyecto en distintas perspectivas.

En el siguiente proyecto sus principales objetivos para esta primera fase son:

- Diseñar y fabricar un extrusor para una impresora 3D de alimentos.
- Comprobación del sistema elaborado mediante pruebas de impresión.

## 3. El mundo 3D

En primer lugar, antes de efectuar un estudio específico sobre el sector de las impresoras 3D para alimentos, se debe de saber primero “qué son” y en “qué consisten” en general las impresoras 3D.

### 3.1 Terminología

Una impresora 3D es una máquina que permite realizar impresiones de diseños en 3D. Permite generar piezas, objetos u alimentos tridimensionales mediante adición de material por capas. El volumen se genera a partir de un diseño hecho por ordenador.

Las impresoras 3D pueden usar distintos materiales para la impresión según el campo en el que se utiliza. Los materiales que actualmente pueden utilizarse son variados e influyen directamente en el coste de la impresora. Cualquier impresora de bajo coste funciona con termoplásticos como el ácido poliláctico (PLA) y acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). No obstante existen impresoras capaces de trabajar con metal, fotopolímeros, resina líquida y alimentos. Del mismo modo se debe de mencionar la gran ventaja y una de las características más atractivas de una impresora 3D que es su capacidad de ser autoreplicable. La facilidad de repararse a una misma sin tener que acudir al servicio técnico [2].

### 3.2 Tipos de impresoras 3D y los distintos sectores

Las impresoras 3D se reparten en dos principales ramas. La primera es a escala industrial, en la cual la maquinaria es más pesada y con un mayor tamaño. La segunda es de uso doméstico con un volumen más reducido y mayor ligereza.

No obstante las impresoras 3D no se distinguen solo por la rama en la que se usan sino que también se dividen en distintos tipos según su funcionamiento. Se hallan a dos ejemplares de impresoras 3D de uso doméstico: una trata de un sistema de código abierto y la otra con una tecnología dirigida para su uso comercial.

El primer ejemplar está basado en tecnologías RepRap o similar, son impresoras difíciles de utilizar pero que proporcionan flexibilidad, ya que permiten elegir los parámetros de impresión. Aunque ofrezca una gran libertad al usuario exige tener cierta experiencia en el sector. Además a nivel de coste es más barato obtener una impresora tipo “Open Source” y aún más si está desmontada.

El segundo ejemplar, en cambio, no necesita ninguna formación u conocimiento para poder imprimir con la máquina. En este caso son impresoras dirigidas a usuarios que no

están especializados en el sector de la impresión 3D proporcionando un manejo sencillo permitiendo controlar sólo los parámetros básicos [3].

El software instalado en la placa de arduino de la impresora contiene todos los parámetros necesarios en código G. Esos parámetros permiten manejar la impresora y al mismo tiempo configurar medidas de seguridad, y evitar que la máquina funcione si no cumple ciertos requisitos. En cambio, si lo que se busca es diseñar un modelo a imprimir entonces se tiene que emplear programas de modelado 3D. El archivo se guarda en formato STL (Stereo Lithography) desde el mismo programa de modelado. Con la ayuda de otro programa para archivos STL pasamos la pieza a código G, que después mediante USB, tarjeta SD o en algunos casos por WIFI es transferida a la impresora.

Finalmente, las impresoras 3D han ido poco a poco esparciéndose en distintos sectores generando sorprendentes proyectos. Hoy en día no solo se usan para la industria sino que se pueden encontrar en los siguientes campos [1]:

- Medicinal: Impresión de partes del cuerpo humano con un material compatible con el tejido orgánico.
- Industrial: Impresión de piezas para el sector industrial o incluso objetos enteros.
- Automoción: Obtención de piezas y prototipos que requieren piezas transparentes o similar al caucho con un acabado suave.
- Arquitectura: Producción de modelos de arquitectura detallados
- Aeroespacial: Impresión de prototipado, mecanizados y fabricación de piezas.
- Educación: La incorporación de impresoras 3D en el aula de los alumnos beneficia familiarizarse con las tecnologías que se encontraran en su carrera profesional. También aporta una ayuda al sector de investigación.
- Moda: Impresión de vestidos, camisetas, zapatos, etc.
- Culinario: Comida con diseños atrevidos pero no solo arte sino que también se incluye la salud, pudiendo imprimir un plato con las vitaminas o alimentos específicos que debe de comer el cliente.
- Entretenimiento: Impresión de juguetes, cámara de fotos, etc.
- Arte: Los artistas pueden realizar esculturas espectaculares y a la vez complicadas.
- Joyería: Impresión de anillos, colgantes, pulseras con un diseño único.

## 4. Estudio Preliminar

Adquiridos los conocimientos básicos sobre la tecnología 3D, se elabora a continuación un estudio preliminar sobre su entorno. Si el propósito es innovar y elaborar un extrusor que cumpla los objetivos planteados es adecuado efectuar un estudio previo del terreno. Se analiza la condición actual en el que se halla el sector de alimentos, la condición tecnológica, el ambiente del usuario, los alimentos que se imprimen hoy en día y los sistemas de alimentación viables para el extrusor.

### 4.1 Estado del arte

Hoy en día el concepto de nutrición personalizada es lo que mueve este sector. Tanto por parte de los cocineros más tradicionales como por los de última moda, se intenta ampliar a todo tipo de usuarios y facilitarles el acceso a diferentes combinaciones de materiales. No obstante, con la tecnología actual todavía se sitúa en fase de desarrollo [4].

El uso de la impresión de alimentos tridimensionales ha desatado una revolución en la cocina, permitiendo que la comida también pueda ser diseñada y preparada de manera a satisfacer las necesidades individuales de los consumidores. Los diseños de concepto de impresoras de alimentos de primera generación, se introdujeron al público, hace más de 10 años. Nanotek Instruments Inc. patentó un método de creación de prototipos rápidos para producir objetos 3D de alimentos. Sin embargo, ningún prototipo físico fue construido. Nico Klaber presentó un concepto de diseño “molecular” en el concurso de Electrolux Design Lab 2009 [5], proponiendo una posibilidad de personalizar la comida con un brazo robótico e imprimirla. Philips Design propuso igualmente un concepto de impresión en 3D con alimentos, utilizando cartuchos de comida y una interfaz de usuario en la cual el usuario podría seleccionar los alimentos [6].

Los proyectos de impresión de alimentos son pocos, aún se está en un punto de que la tecnología es muy simple y la interfaz de usuario bastante pobre. Además, todavía se necesita desarrollar recetas que puedan fusionarse con el diseño de estas máquinas. Para ello se han realizados muchos intentos para conseguirlo, por lo que actualmente se puede hallar distintos procesos como son la sinterización selectiva [7], la extrusión por fusión[7], el aglutinante de polvo[7], y la impresión por inyección[7]. A continuación se realiza una explicación de estos procesos.

La sinterización selectiva por láser o la sinterización de compactación por aire caliente representa la impresión 3D mediante acumulación de azúcar. El azúcar es

derretido fiel a la geometría que se desea obtener y el resto sirve de apoyo a la estructura. La impresora 3D CandyFab empleaba ese sistema al igual que la impresora Chefjet.

La extrusión por fusión y por temperatura en el área de extrusión representa el sistema básico que se emplea para imprimir piezas en ABS y PLA.

Inyección de aglutinante es una tecnología que permite imprimir gran cantidad de materiales de colores. Esta tecnología es como una mezcla de inyección de material y fusión de lecho de polvo, que luego se solidifica en sección transversal.

La impresión por inyección es el método más simple que consiste en el uso de un embudo e un émbolo que presiona los condimentos contenidos en él.

En definitiva, la impresión 3D de alimentos ha demostrado tener una capacidad de hacer platos simples e personalizables. Aunque se sitúa aún en un estado de fase muy básico, es necesario promover una investigación para desarrollar recetas que sean compatibles con el diseño y la impresión en 3D. Esto permitirá desarrollar una nutrición personalizada, la cual podría colaborar con el sistema sanitario para crear dietas más sanas.

## **4.2 Estudio de mercado**

Actualmente la tecnología es una auténtica nómada dando todos los días un paso más, además de estar acompañada con consumidor que ya no tiene miedo al cambio. Esta situación con lleva a un mercado en constante movimiento, por lo tanto es fundamental averiguar toda información ventajosa.

### **4.2.1 Entorno del usuario actual.**

En este apartado se muestra los resultados obtenidos en una reunión con el equipo de alimentación realizando un diagrama de afinidad.

Este método consiste en reunir opiniones e ideas sobre un tema. Para ello se reúnen varias personas que no estuvieron al tanto del argumento que se plantea en la actividad. El líder del equipo explica el problema a los participantes, el cual en este caso es identificar las distintas personas y lugares en el cual se puede relacionar la alimentación con la tecnología de las impresoras 3D. Los participantes, sin saber qué tipo de impresoras u como está el mercado actualmente, escriben durante 5 minutos cada idea en diferentes Post its. A continuación, cada miembro coloca en una pared con papel sus Post its explicando su idea. Si hay algunos Post its están repetidos se eliminan sus dobles manteniendo una única versión. Seguidamente, en silencio, los miembros del equipo agrupan los Post its en grupos similares, los que son parecidos se consideran de "afinidad

mutua". Cuando están ubicados se procede a colocar un nombre que representa cada grupo. Ese nombre debe de transmitir el significado de los Post its en muy pocas palabras. En el caso que algún Post its no encaje en ningún lado puede incluirse en un grupo de "Misceláneos". Finalmente, el equipo discute de la relación entre los grupos y sus elementos correspondientes con el problema [8].

En este caso la reunión prosiguió tras discutir la relación entre los grupos y se añadió documentación gráfica al panel, es decir, se colocó fotografías de las impresoras 3D relacionadas con alimentos que se podían encontrar según el grupo definido. En la *figura 1* se puede observar una representación del panel que se desarrolló en la reunión junto con la documentación gráfica de las impresoras.

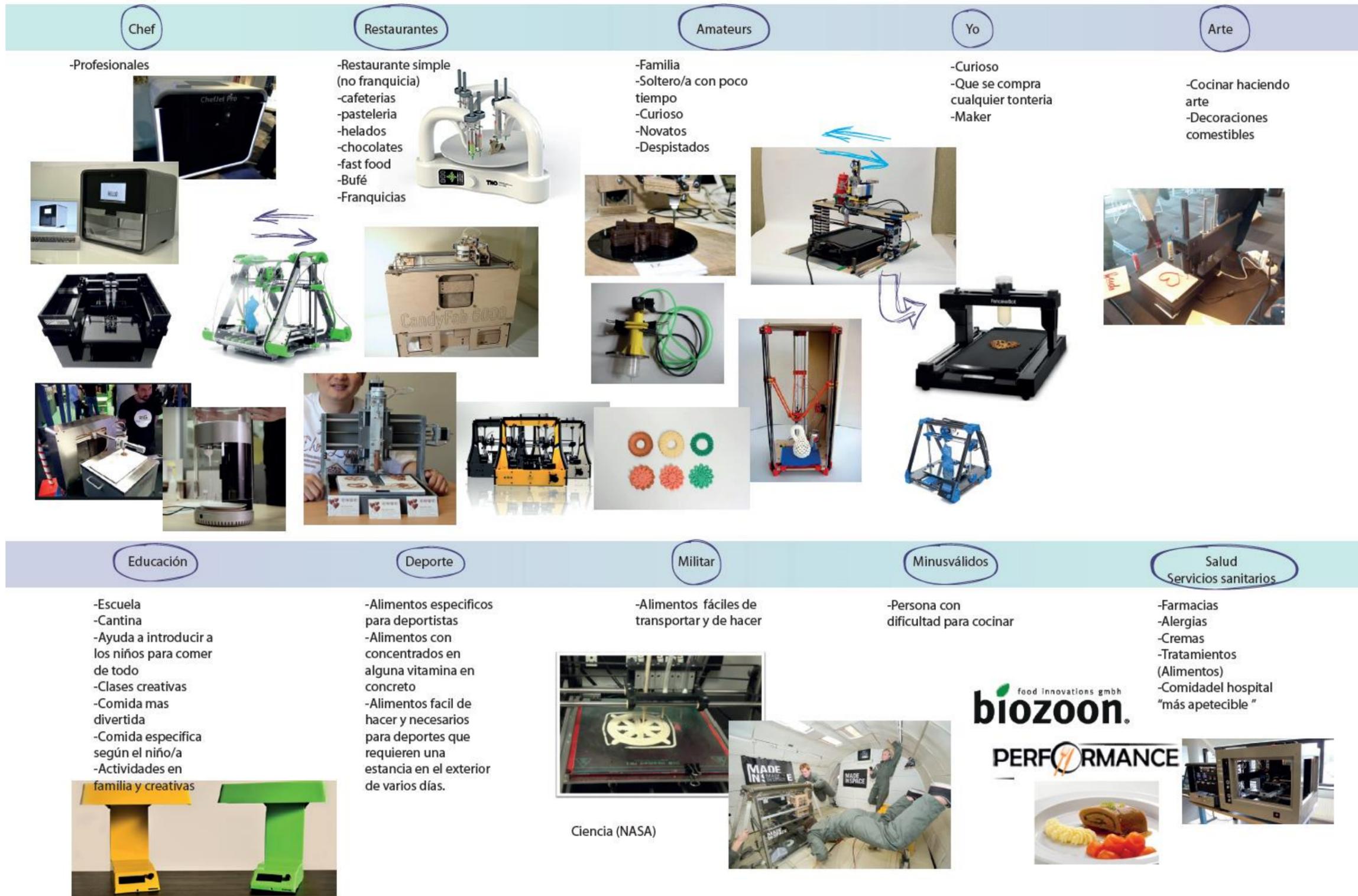


Figura 1 Diagrama de afinidad

Por último, se concluyó que los sectores con menor avance en el tema de impresoras 3D que imprimen alimentos son: deporte, minusválidos, salud y servicios sanitarios. Curiosamente resultan ser los grupos más atractivos en tema de financiación económica y dónde los avances alimentarios en esos sectores son los más necesitados, ya que pueden beneficiar a la salud del consumidor. Por otro lado los sectores más contemplados son: Chef, Restaurantes y Amateurs. Sin embargo, parecen centrarse de momento en la estética que puede aportar a los platos y no en la elaboración de nuevas creaciones o mejoras alimenticias.

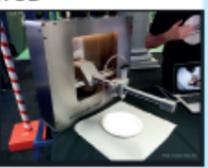
## 4.2.2 Estudio de competencia

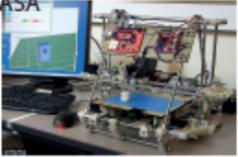
Diseñar una impresora 3D requiere también ponerse al mismo y más nivel que el de su competencia. Para ello es necesario elaborar un estudio detallado de las características de los productos existente que pueden perjudicarnos. Se encuentran dos tipos de rivales, uno directo y otro indirecto. En primer lugar, es el que ataca directamente, es decir, las impresoras 3D ya existentes en las cuales se podrían adaptar un extrusor para imprimir alimentos. En segundo lugar, son los que pueden afectar al proyecto de manera indirecta, los electrodomésticos de cocina.

### 4.2.2.1 Directa

Mencionado anteriormente las impresoras 3D en desarrollo o ya en venta son una competencia directa para el proyecto por lo tanto es adecuado estudiar cuidadosamente cada una de ellas.

Se ha recolectado en la *tabla 1* las características tecnológicas de las distintas impresoras actuales.

Impresora Empresa	Volumen de Impresión	Tecnología empleada en la impresión	Área de impresión (mm)	Pantalla	Estructura.	Cabezal(es)	Conexión	Materiales
Foodini Naturales Machines 	3D-2D	Extrusión por inyección a temperatura ambiente	250x165x120	✓	Compacta. Zona de trabajo cerrada aporta mayor seguridad. Base caliente Autocalibrado	Uso de Jeringuillas con cápsulas inoxidables. (Paste Extruder)	USB	Comestibles. (Salados y dulces)
The Imagne 3D Essential Dynamics 	3D-2D	Extrusión por inyección	228,6x228,6	✗	Open source. Zona de trabajo abierta.	Simple o doble cabezal. (Jeringuillas)	USB	Comestibles. (Salados y dulces)
CandyFab 	3D	Sinterización de compactación por aire caliente	215,9x279,4x177,8	✗	Estructura abierta. Madera contrachapada.	Hot air rework station. (soldadura por aire caliente)	USB	Comestibles. (Azúcar en polvo)
FoodForm 3D RIG 	3D-2D	Extrusión por inyección	No especificada	✗	Estructura abierta. Uso del Anti-Griddle de Cocktail Lab para alimentos fríos (helados).	Uno o dos cabezales con posibilidad de intercambiarlo según lo que se desea imprimir. (Jeringuillas) Método de presión en vacío	USB	Comestibles. (Helados, chocolate, galletas..)
ChefJet Pro 3D Systems 	3D-2D	Impresión por inyección en polvo	203,2x203,2x203,2	✓	Compacta con cierre de seguridad. Autocalibrado	Expulsión de agua, y polvo	USB	Comestibles. (Chocolate en polvo, fondant, azúcar y agua)
CocoJet 3D Systems 	3D-2D	Impresión con inyección	No especificada.	✓	Compacta con cierre de seguridad. Autocalibrado	Un cabezal. Cartuchos de chocolate fundidos.	USB	Chocolate negro y blanco fundido.
PancakeBot 	2D	Extrusión por inyección	No especificada. (Tamaño de una plancha estándar)	✗	Estructura abierta para permitir girar el pancake. Plancha integrada para cocer los pancakes	Un cabezal (jeringuilla). Presión por vacío.	USB	Comestibles. (Alta viscosidad : Masa de pancakes y crepes.)

Impresora Empresa	Volumen de impresión	Tecnología empleada en la impresión	Área de impresión (mm)	Pantalla	Estructura.	Cabezal(es)	Conexión	Materiales
TNO 	3D	Extrusión por inyección	No especificada	✗	Estructura abierta Autocalibrado	Cuatro cabezales. Se realizan piezas cada minutos	USB	Pasta
Choc Edge 	3D-2D	Extrusión por inyección	175x175x65	✗	Estructura semi compacta. La base de impresión abierta. Calefator para mantener el chocolate caliente. Autocalibrado	Un cabezal (Jeringuilla)	USB	Comestibles. (Chocolate, galleta, papel comestible para decoración de tartas.)
Candy 	3D-2D	Extrusión por inyección	240x240x240	✓	Estructura semi compacta. La base de la impresión abierta y acceso al cabezal. La base extraíble. Depósito del material en la parte trasera.	Un cabezal. Bomba peristáltica.	SD	Comestibles. (Chocolate, fondant, crema...)
EXfood EXarchitects 	3D-2D	Extrusión por inyección	200x200x400	✗	Estructura abierta. (Rostock) Base inamovible.	Un cabezal principal. Tres cabezales secundarios colocados en los laterales. Tres bombas peristálticas.	USB	Comestibles. (Chocolate, galleta, gelatina...)
SMRC NASA 	3D-2D	Extrusión por inyección	200x400x360	✗	Estructura abierta. Base caliente.	Tres cabezales con regulador de presión. Sistema de válvulas con spray	USB	Comestibles. Alimentos deshidratados, agua...
Bocusini 	3D-2D	Extrusión por inyección	100x100x130	✗	Estructura semi abierta. Base extraíble.	Un cabezal. Recambio con cartuchos ya preparados de material comestible. Dosis 60 ml	WIFI	Comestibles. (Purés, fondant...)
FoodJet 	2D	Impresión de inyección (goteo)	No especificada	✗	Estructura compacta. No incluye base. Uso de una cinta con movilidad.	Varios cabezales. (Gotas) Control térmico	USB	Comestibles de baja viscosidad. (purés, salsa de tomate...)

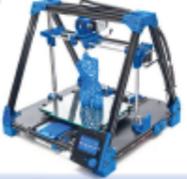
Impresora Empresa	Volumen de Impresión	Tecnología empleada en la impresión	Área de Impresión (mm)	Pantalla	Estructura.	Cabezal(es)	Conexión	Materiales
Zmorph 	3D-2D	Extrusión por inyección. Láser. Grabado	300x235x165	✓	Estructura abierta. Ventana transparente de seguridad. Autocalibrado.	Múltiples cabezales según el uso. Jeringuilla, embudo, extrusor simple, extrusor doble, fresado, gravado, extrusor de cerámica, láser.	USB, WIFI y SD	ABS, PLA, PVA, nylon comestibles, cerámica, grabado de metal, madera y fresado, corte de papel, caucho, policarbonato.
Burritobot 	3D	Extrusión por Inyección	No especificada.	✗	Estructura abierta.	Dos cabezales. (jeringuillas) Uso de presión por vacío.	USB (Posible uso de App)	Comestibles. (Salsas)
By Flow 	3D-2D	Extrusión por inyección	100x100x130	✓	Estructura abierta. Base de aluminio de alta calidad y acero inoxidable	Un cabezal con posibilidad de cambiarlo según lo que se desea imprimir.	USB y SD	ABS, PLA , comestibles, cerámica, goma
BCN3D+ 	3D-2D	Extrusión por inyección	252x200x200	✓	Estructura abierta. Base de aluminio de alta calidad y acero inoxidable	Un cabezal con posibilidad de cambiarlo según lo que se desea imprimir. Máximo dos cabezales (Dual Extruder)	USB y SD	ABS, PLA , Nylon, PVA, HIPS, Laybrick, Laywood, FilaFlex, comestibles.
Beehex 	3D-2D	Extrusión por inyección	150x150x80	✗	Estructura abierta.	3 cabezales , cada cabezal contiene un ingrediente suministrado mediante presión.	USB	Alimentos. Ingredientes para elaborar una pizza. Masa, tomate y queso
Lipson's 3D printer Columbia University 	3D-2D	Extrusión por inyección	150x180	✗	Estructura cerrada	1 cabezal en funcionamiento, pero puede almacenar hasta 8 tubo con distintos rellenos.	USB	Alimentos.

Tabla 1 Mapa tecnológico. [9]-[28] [56]-[61]

En definitiva las características a tener en cuenta son las siguientes:

- Volumen de impresión 3D-2D
- Estructura compacta
- Zona de trabajo cerrada y segura
- Base extraíble fácilmente
- Uso de múltiples cabezales ( extrusores)
- Pantalla incluida en la impresora.
- Conexión SD, USB y WIFI
- Impresora de fácil transporte ( plegable y ligera)
- Área de impresión amplia, en concreto mayor de 200x200x200 mm.
- Uso de múltiples materiales.
- Posibilidad de uso de alimentos con alta viscosidad.

#### 4.2.2.2 Indirecta

Los electrodomésticos que se haya en la cocina son poco a poco más eficientes a la hora de ayudar el usuario a preparar comida. Aportan un diseño compacto y con una fácil limpieza. Por lo tanto se debe de analizar las funciones principales que realizan estos electrodomésticos para poder prevenir cualquier duda que pueda tener el consumidor a la hora de decidir si adentrarse en el mundo de las impresoras 3D o mantenerse en la línea de los electrodomésticos.

A continuación se puede observar en la *tabla 2* las características de los robots de cocina más eficientes existentes en el mercado actualmente.

<i>Robots</i>	<i>Funciones</i>	<i>Características</i>	<i>Otros</i>	<i>Modo de cocción</i>
<i>Thermomix</i>	-Mezclar -Cocer a vapor -Triturar -Pesar -Remover -Moler -Batir -Emulsionar -Calentar -Amasar -Cocinar	-Control de temperatura -Seguridad con bloqueo automatizado -Pantalla táctil -Balanza	de Programa de cocina guiada. con	de Calor

	-Trocear					
<i>Moulinex Cuisine companion</i>	-Mezclar	-Control de temperatura	de 6 programas automáticos.			Calor
	-Cocer a vapor					
	-Triturar	-Seguridad con				
	-Pesar	bloqueo				
	-Moler	automatizado				
	-Batir					
	-Remover	-Balanza				
	-Calentar					
	-Amasar					
	-Cocinar					
	-Trocear					
<i>SuperCook SC110</i>	-Mezclar	-Control de temperatura	de Tarjeta SD con posibilidad			Calor
	-Cocer a vapor					
	-Triturar	-Seguridad con	descargar recetas y personalizar.			
	-Pesar	bloqueo				
	-Moler	automatizado				
	-Batir					
	-Remover	-Balanza				
	-Calentar	-Pantalla extraíble				
	-Amasar					
	-Cocinar					
	-Trocear					

**Tabla 2 Características de los Robots de Cocina. [29]-[32]**

Los robots de cocina más eficientes con un presupuesto cercano a los 1000€ presentan unas características que permiten realizar unas 12 funciones y como principal fuente de cocción, el calor. Por lo tanto, estos electrodomésticos necesitan una atención del consumidor más o menos regularizada, aunque la máquina realice la mayor parte de las tareas. También es el consumidor el que debe de preparar la presentación o usando un molde si quiere aportar alguna decoración específica a su plato.

En conclusión, el elemento importante que aportaría una innovación atractiva es el factor de cocción, el cual ayudaría a obtener el acabado perfecto junto con la estética de una estructura inigualable que fabricaría la impresora.

### 4.3 Especificaciones y caracterizaciones alimentarias

La alimentación, como se ha mencionado inicialmente, es un campo difícil y caprichoso pero no se puede ignorar ya que es un elemento esencial en la vida de todo ser vivo. Los alimentos que se pueden usar para imprimir en 3D deben de ser verificados unas y otra vez, ya que su temperatura y viscosidad influyen directamente en la eficacia del extrusor

en cumplir su tarea. Este proyecto, consta con un grupo de profesionales en alimentación que se encargan de investigar y elaborar un producto que se pueda imprimir.

Habitualmente, los alimentos que son personalizables y que se puedan emplear en impresoras 3D se usan en ambientes sanitarios, donde personas con problemas de salud requieren una dieta concreta. Actualmente, se hallan unos proyectos en desarrollo que trabajan con empresas de alimentos personalizables para los servicios sanitarios y ayudar a las personas con dificultad para comer. El aspecto de los alimentos en el plato influye considerable en el paciente a la hora de alimentarse. Un plato estéticamente cuidado siempre llama más la atención que un simple puré de vitaminas.

A Continuación en la *tabla 3* se comenta los principales alimentos vitamínicos que se pueden encontrar en el mercado y proyectos en desarrollo relacionados con este tipo de alimentos.

### Información

### Documentación gráfica

#### Biozoon Smartfood

Empresa alemana especializada en alimentos para personas con dificultad para alimentarse. Los productos elaborados por esa empresa son geles, polvos y espumas. Precisamente los alimentos están elaborados para personas con disfagia, dificultad al comer o incluso dolor.

Biozoon Smartfood cubre distintos sectores alimenticios como son: verduras ( coliflor y guisantes), carne (pollo y cerdo) y carbohidratos ( patatas y pasta)[33]



Figura 2 Presentación de un plato con nutrientes personalizables.



Figura 3 Nutriente personalizable empleado en la figura 1

Proyecto UE  
PERFORMANCE

- PERFORMANCE es un proyecto llevado a cabo por unos investigadores europeos que están desarrollando alimentos personalizados para personas mayores con problemas de masticación o deglución. En concreto trabajan con la impresión 3D de carne y verdura, que les permita producir texturas digeribles a la par de atractivas.

En este proyecto se halla la empresa Biozoon Smartfood comentada anteriormente como proveedora.

En cuanto al proceso de elaboración de la comida para que se mantenga sabrosa y atractiva a la vista, se aplica un agente de solidificación de origen vegetal estable al calor. El chef puede remodelar este alimento con la ayuda de moldes de silicona. A pesar de su fácil solución este método no es adecuado para grandes comedores, de ahí que se necesita la metodología de la impresión 3D para industrializar el proyecto.[34]



Figura 4 Plato con vegetales moldeados.

RUF ( Ready to Use  
Food)

La organización internacional médico – humanitaria Médicos Sin Fronteras (MSF) emplea los RUF, alimento precocinado, los cuales van empaquetados en raciones individuales y contienen todos los nutrientes; vitaminas y minerales necesarios para los niños. Este alimento terapéutico, a base de leche en polvo, azúcares y grasas vegetales, pueden ser producido y almacenado localmente además de ser fácil de transportar incluso en climas cálidos.[35]-[36]



Figura 5 RUF

NASA – SMRS's food Printer

La NASA esta en busca de alimentos que pueden ser utilizados en sus largas misiones espaciales, 10 a 15 años. Por lo tanto, la compañía Systems & Materials Research lleva a cabo el proyecto de desarrollar la primera impresora 3D de comida para el espacio.

El primer plato para este proyecto es la pizza, siendo la candidata más obvia ya que es un plato que se puede imprimir a capas.

Su funcionamiento se basa en alimentos deshidratados, en polvo, que están propulsados a una cámara donde se mezclan con aceite y agua.[22]

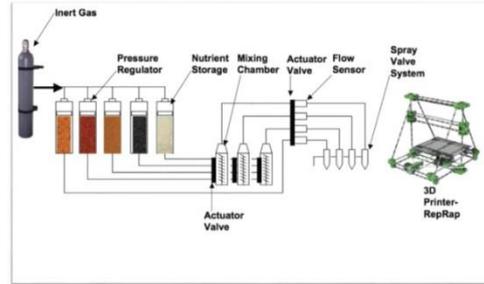


Figura 6 Esquema del funcionamiento de la impresora 3D

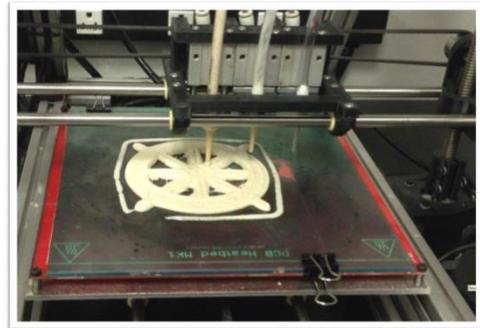


Figura 7 Fotografía de la impresora realizando la pizza.

Nutracéuticos farmalimentos.

o Son productos que se venden en botes, contienen los alimentos en polvos y que deben de mezclarse con agua para generar una especie de "papilla".

Las marcas que se pueden encontrar son las siguientes:

- Meritene
- FontActive Forte
- Multicentrum
- Pharmaton
- Supradyn

[38]-[42]



Figura 8 Meritene



Figura 9 FontActiv Forte



Figura 10 Multicentrum



Figura 11 Pharmaton



Figura 12 Supradyn

*Sueros alimenticios*

Los sueros alimenticios de proteínas como “Whey Protein”, un suero de leche, resultan ser muy populares en el campo del deporte.[37]

**Tabla 3 Especificaciones y caracterización alimentarias.**

En la tabla posterior se han podido identificar las distintas sustancias más “elaboradas” que se encuentra actualmente en el mercado para poder emplearse en la tecnología 3D.

Sin embargo, también hay otros tipos de alimentos que se emplean para imprimir en 3D, pero no están definidos de manera tan específica y por ello a menudo presentan irregularidades en su proceso de impresión. Estos alimentos están elaborados en su mayoría por chef o amateur y no por profesionales en alimentación o química. Los alimentos que se pueden encontrar en estos casos son [62]:

- Purés de verduras
- Chocolate
- Glaseados
- Carnes o pescados triturados

- Masas de biscocho o galleta

#### **4.4 Disposiciones presentes.**

Recolectada la información sobre el entorno general de una impresora 3D que imprime alimentos se ha elaborado un DAFO, *figura 13*, representando las debilidades, amenazas, fuerzas y oportunidades estudiadas.

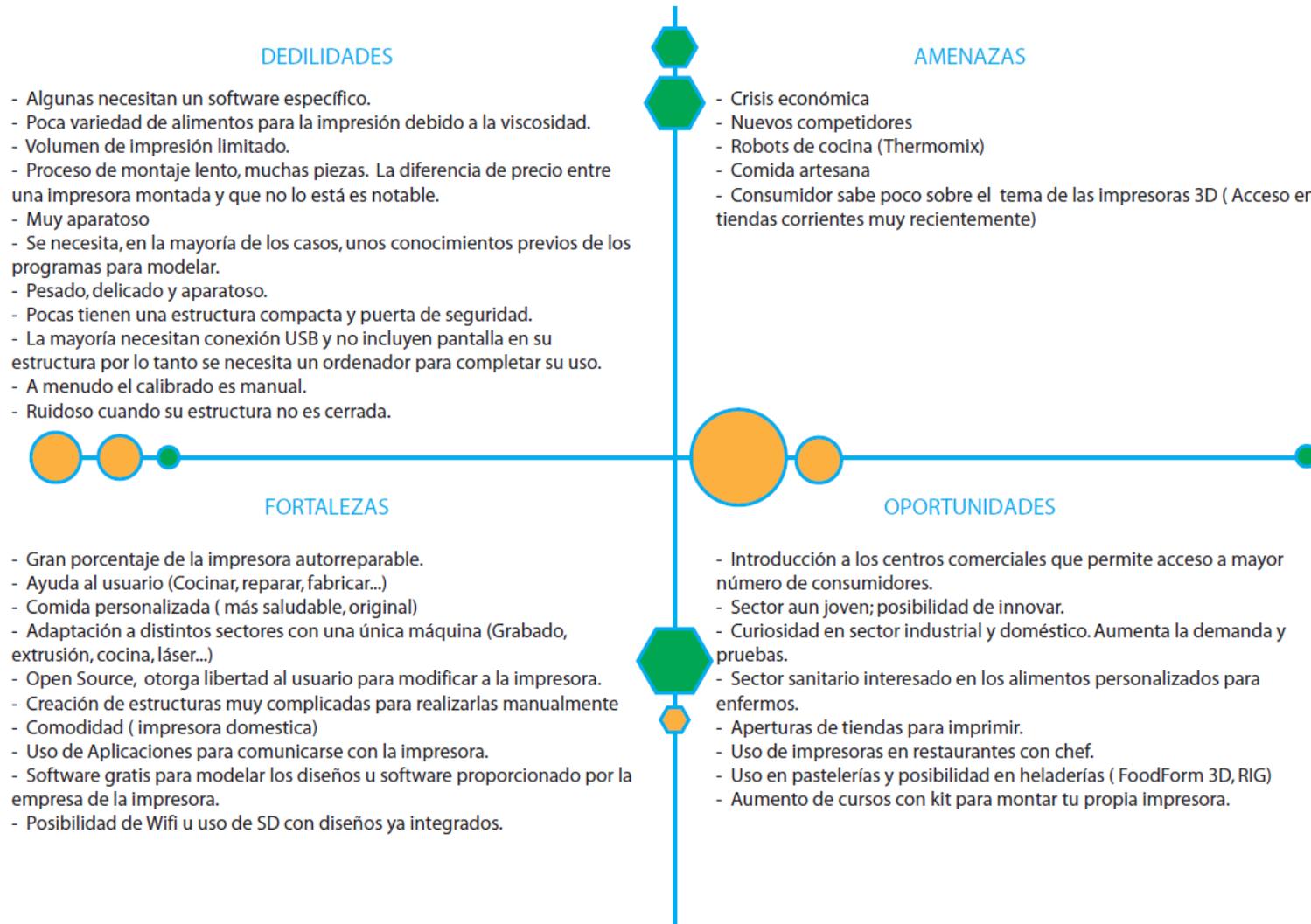


Figura 13 DAFO

Con la ayuda de ese esquema se puede observar claramente el estado de la situación de las impresoras 3D de alimentos. Se permite constatar que las debilidades que presentan son las propias que se suelen hallar cuando un producto está en pleno desarrollo.

## 4.5 Sistemas de alimentación de un extrusor

El extrusor puede ser diseñado con distintos métodos de alimentación que permitan imprimir alimentos. Actualmente se observan tres sistemas que se pueden analizar, *tabla 4*.

### Características

### Documentación gráfica

#### Bomba peristáltica.

Una bomba peristáltica es un tipo de bomba hidráulica de desplazamiento positivo usada para bombear una variedad de fluidos. El fluido es contenido dentro de un tubo flexible empotrado dentro de una cubierta circular de la bomba. La bomba contiene un rotor con un número de rodillos unidos a la circunferencia externa que comprimen el tubo flexible. Mientras el rotor da vuelta, la parte del tubo bajo compresión se cierra forzando el fluido a ser bombeado. Además mientras el tubo se vuelve a abrir a su estado natural después del paso de la leva, el flujo del fluido es inducido a la bomba. Este proceso es llamado peristalsis y es usado en muchos sistemas biológicos.

Las bombas peristálticas son conocidas por ser un sistema limpio, porque la bomba no puede contaminar el líquido ni los líquidos, si fueran agresivos, dañar a la bomba [43].



Figura 14 Bomba peristáltica de laboratorio[43]

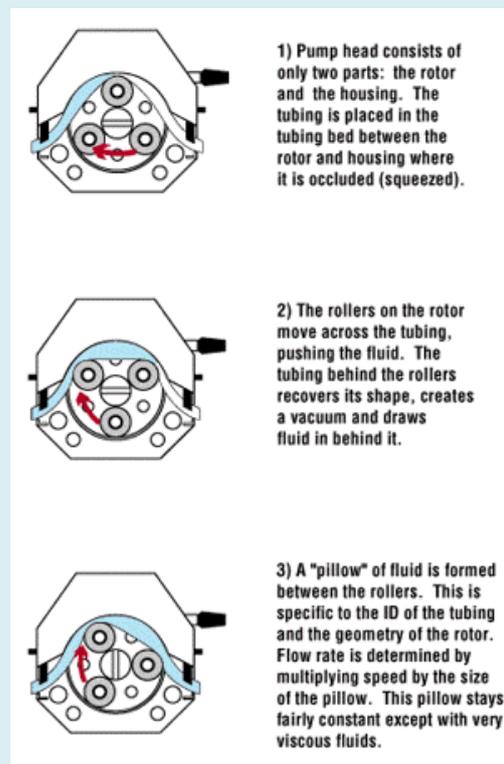


Figura 15 Esquema explicativo del sistema[44]

*Tornillo sin fin*

El tornillo sin fin es un dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí.

Cada vez que el tornillo sin fin da una vuelta completa el engranaje avanza un número de dientes igual al número de entradas del sinfín.[45]



Figura 16 Sistema con tornillo sin fin [46]

*Con émbolo / jeringa o embudo*

El sistema de la jeringa consiste en un émbolo insertado en un tubo que tiene una pequeña apertura en uno de sus extremos por donde expulsa el contenido de dicho tubo. El embudo es presionado por una fuerza externa otorgada por un motor de pasos.[47]

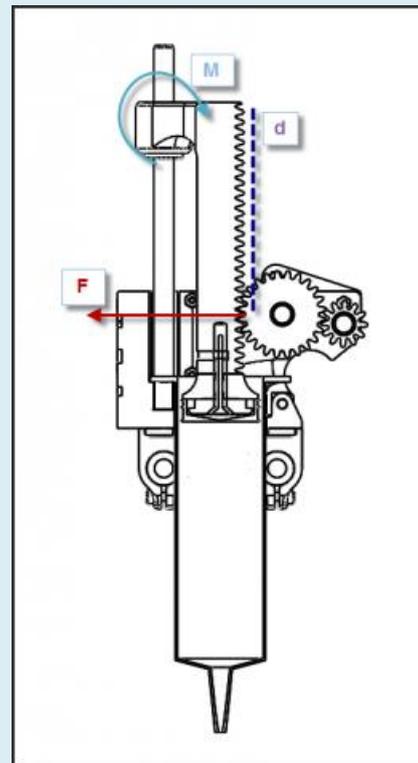


Figura 17 Esquema del sistema[48]

Tabla 4 Explicación de sistemas para un extrusor de alimentos.

Tras definir el funcionamiento de cada sistema se pueden definir sus ventajas e inconvenientes. El sistema con bomba peristáltica permite tener una cantidad de sustancia que alimente al extrusor de manera constante. Sin embargo, el tema de la viscosidad del fluido juega un papel fundamental para que la salida del fluido sea continua. En el caso del tornillo sin fin ayudaría a expulsar el alimento de la boquilla del extrusor, pero necesitaría otro sistema de bombeo o un depósito de almacenamiento donde esté colocada la sustancia que se quiere imprimir. Finalmente, en el caso de la jeringa o embudo con un émbolo es el sistema más básico, pero la principal desventaja es la limitación de la cuantía de sustancia a usar para la impresión.

## 5. Diseño Conceptual

Una vez recolectada toda la información necesaria se inicia y expone la selección de los elementos necesarios para llevar a cabo los primeros diseños del extrusor.

### 5.1 Maquinaria

Para este proyecto se ha empleado una impresora 3D de tipo Delta, la cual fue ensamblada en el laboratorio en el interior de una incubadora P. SELECTA HOTCOLD C (J.P. SELECTA, s.a., Barcelona), *figura 18* evitando así variaciones de temperatura que puedan afectar al proceso y tener un mejor control del flujo de aire. El diseño del extrusor se adaptara a la estructura de la impresora escogida. En la tabla 5 [50] se facilitan las características de la impresora.



Figura 18 Kossel mini

Características

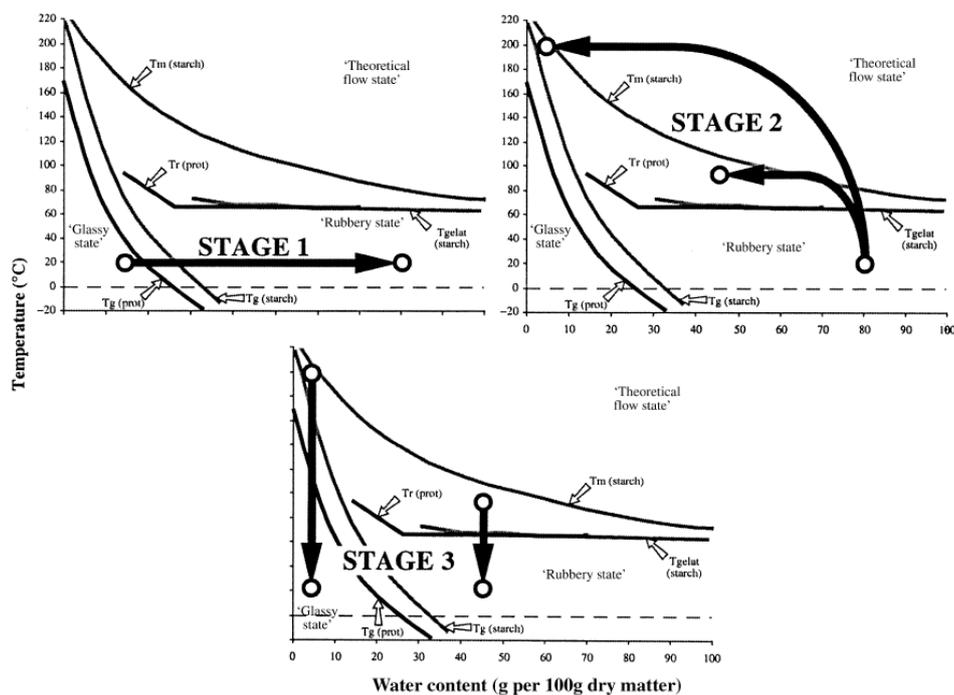
<i>General</i>	Kossel Mini Delta
<i>Dimensiones</i>	Dimensiones impresora: (x) 460 x (y) 370 x (z) 510 mm Dimensiones área de impresión: (x) 260 x (y) 260 x (z) 275 mm Dimensiones caja: (x) 400 x (y) 400 x (z) 250 mm
<i>Mecánica general</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos bases triangulares que unen los ejes.</li> <li>• Tres brazos móviles para desplazamiento del extrusor</li> <li>• Correas verticales para cada eje.</li> <li>• Railes para los tres ejes con rodamientos.</li> <li>• Sistema de nivelado en tres puntos.</li> <li>• Sistema de cambio rápido de base de impresión con limitadores.</li> <li>• Ventiladores brushless axiales con rodamientos de bolas.</li> </ul>
<i>Resolución de impresión</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy alta: 30 micras</li> <li>• Alta: 100 micras</li> <li>• Media: 200 micras</li> <li>• Baja: 300 micras</li> </ul>
<i>Mecánica extrusor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrusor de diseño propio</li> <li>• Boquilla de 0.4 mm</li> <li>• Disipador de aletas con ventilador axial</li> <li>• Tobera de refrigeración de pieza</li> </ul>
<i>Velocidad de impresión</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad recomendada: 320 mm/s</li> <li>• Velocidad máxima recomendada: 500 mm/s</li> </ul>
<i>Electrónica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ramps 1.4</li> <li>• Mega 2560</li> <li>• Base fría de cristal tamaño 220x220x3 mm</li> <li>• Fuente de alimentación de 220 AC 12 DC 100W</li> <li>• Termistor 100k en extrusor</li> <li>• Cartucho calefactor 40W 12V</li> </ul>
<i>Software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Firmware derivado de Marlin</li> <li>• Entorno recomendado: Cura Software</li> <li>• Archivos admitidos: .gcode</li> <li>• OS compatibles: Windows XP y superiores; Mac OS X y superiores; Linux</li> </ul>

Tabla 5 Características Kossel mini [63]

## 5.2 Selección y elaboración del alimento

El alimento elegido para este proyecto es la elaboración de una masa panaria adecuada para poder imprimir en una impresora 3D. En primer lugar, se debe de explicar los principales cambios ocurridos en la solución durante el horneado y sus características. Seguidamente, se especifican las diferentes masas elaboradas para los estudios de cinética de secado y de reología.

Los cambios que ocurren en los principales componentes durante el horneado y sus características físicas pueden ser explicadas usando un diagrama multidimensional. En la *figura 19* se muestra el diagrama de estado con tres etapas.



**Figura 19** Diagrama de estado multidimensional (contenido de agua y temperatura) de 3 de los pasos más importantes en la fabricación del pan (1 etapa: hidratación de harina, 2ª fase: horneado, 3ª fase: enfriado).[64]

La primera etapa está relacionada con la hidratación de las partículas de harina.

La segunda etapa está asociada a la estabilización del producto debido al tratamiento de cocinado, en el cual la superficie de la masa está expuesta a altas temperaturas (alrededor de 200°C. Finalmente, cuando se alcanzan los 100°C la corteza está suficientemente formada con el objetivo de restringir las pérdidas de agua de la masa. Por último, la tercera etapa corresponde con el enfriamiento de la masa. [64]

En este proyecto se empleará la técnica de secado por aire caliente, donde las propiedades termodinámicas del aire son modificadas con el objetivo de incrementar la

temperatura del aire y disminuir la humedad relativa, esto aumenta la inercia termodinámica y el flujo de agua desde el alimento al aire.

Con el objetivo de estudiar la diferencia entre usar masas cuyo ingrediente mayoritario es el agua o la proteína, debido a que son las más usadas dentro del sector panario correspondiendo a la formulación básica de pan y bizcochos respectivamente, se han elaborado dos principales pruebas, de las cuales se han realizado distintos derivados. En primer lugar, se ha escogido una masa de bizcocho a base de claras de huevo, de la cual se han preparado tres mezclas con distinta cantidad de harina. En segundo lugar, se ha seleccionado una receta de masa de pan de la cual se han preparado también tres mezclas donde se emplea distintas cantidades de agua. En la *tabla 6* se puede observar las medidas tomadas para cada prueba.

<b>Formulación</b>	Masa panaria			Bizcocho		
	<b>1p</b>	<b>2p</b>	<b>3p</b>	<b>1b</b>	<b>2b</b>	<b>3b</b>
<i>Harina (g)</i>	100	100	100	50	55	60
<i>Agua (g)</i>	70	65	60	-	-	-
<i>Clara de huevo pasteurizada (g)</i>	-	-	-	60	60	60

**Tabla 6** Formulación de las masas

En el punto 6.2 se explica el procedimiento de la simulación de horneado de las masas imitando las condiciones que se dan mediante un secador convectivo y una cámara de infrarrojos/térmica con el objetivo de estudiar la cinética de secado de las masas durante el proceso de deposición. Además en ese mismo punto se exponen los ensayos de reología que se realizaron para predecir el comportamiento de flujo que poseen las diferentes masas y tenerlo en cuenta para el diseño del extrusor. Finalmente, en el punto 6.3 se detallan los resultados obtenidos.

### 5.3 Justificación del sistema de alimentación del extrusor

Identificada la impresora que se va a emplear para el proyecto, Kossel mini, y el alimento que se imprimirá, masa panaria, se elige el tipo de sistema que va a disponer el extrusor para llevar a cabo su tarea.

En este caso se opta por escoger el método de la bomba peristáltica. Las razones por la que se han rechazado los dos otros sistemas son las siguientes:

Por un lado, el sistema del tornillo infinito, tras una reunión con el equipo de alimentación, resultó ser un sistema poco higiénico ya que termina obstruyéndose fácilmente. No obstante, si el alimento adecuado para un resultado de horneado perfecto alcanzará una viscosidad muy alta, el tornillo infinito ayudaría a su fluidez de manera más eficiente que los otros sistemas.

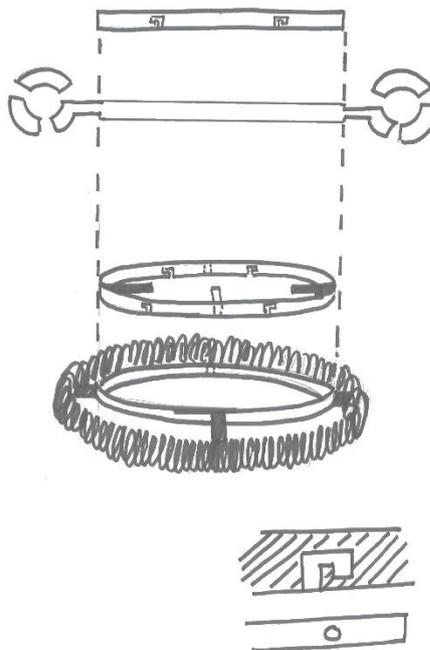
Por otro lado, el sistema de la jeringa no se escogió por la limitación de cantidad de alimento que se puede emplear.

En conclusión, se escogió el método de la bomba peristáltica porque resulta el método más eficiente para trabajar con mayores cantidades de fluido y con mayor fiabilidad para trabajar con productos de con viscosidad y poder controlarla.

## 5.4 Diferentes alternativas

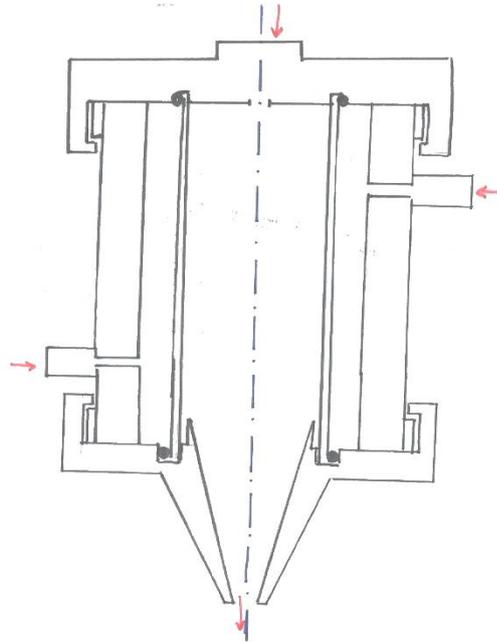
En este punto se mostrará las primeras alternativas para el extrusor. Sin embargo, el diseño no se consolida hasta realizar el estudio sobre las distintas masas panarias planteadas. Como se ha mencionado anteriormente, el diseño del extrusor está directamente relacionado con los requisitos de las sustancias con las que se desean trabajar. En las siguientes imágenes se pueden observar las distintas opciones.

En la *figura 20* se expone la primera idea de la estructura del extrusor. El cuerpo era un cilindro donde su principal característica es un anillo alrededor de la boquilla que expulse aire caliente.



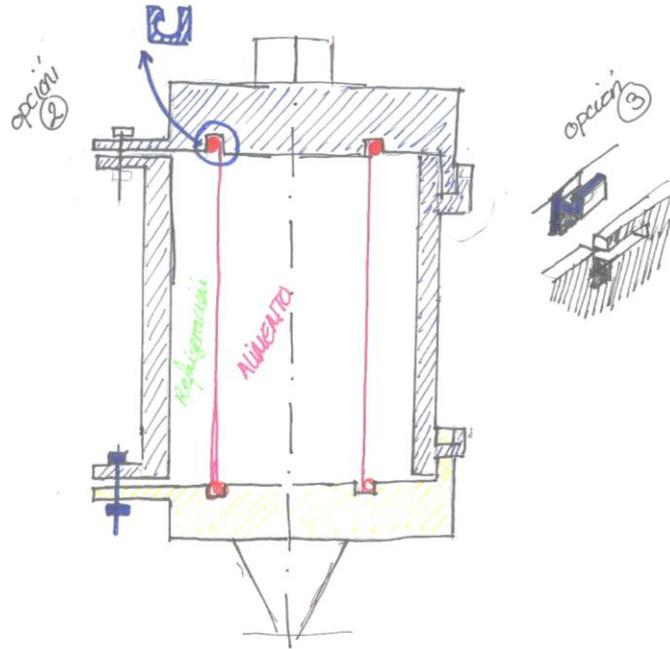
**Figura 20** Primera idea de la estructura del extrusor

En la *figura 21* se expone una sección del extrusor donde se compone de tres principales piezas, las cuales son: una tapa superior, un cuerpo central y una tapa inferior. El sistema de conexión entre ellas es el de roscado. En su estructura interna se compone de un cilindro de aluminio con un recubrimiento especial para alimentos. El sistema contiene cierre retórico proporcionado por dos arandelas. Finalmente, el cuerpo central tiene una entrada y una salida para el sistema de refrigeración.



**Figura 21** Boceto de sección de la estructura del extrusor con sistema de roscado.

En la *figura 22* se muestra el mismo sistema que el en la figura XX, sin embargo propone dos sistemas diferentes de conexión entre las piezas. Uno es por tornillería y otro es por encaje.



**Figura 22** Boceto de sección de la estructura del extrusor con distintos tipos de cierre

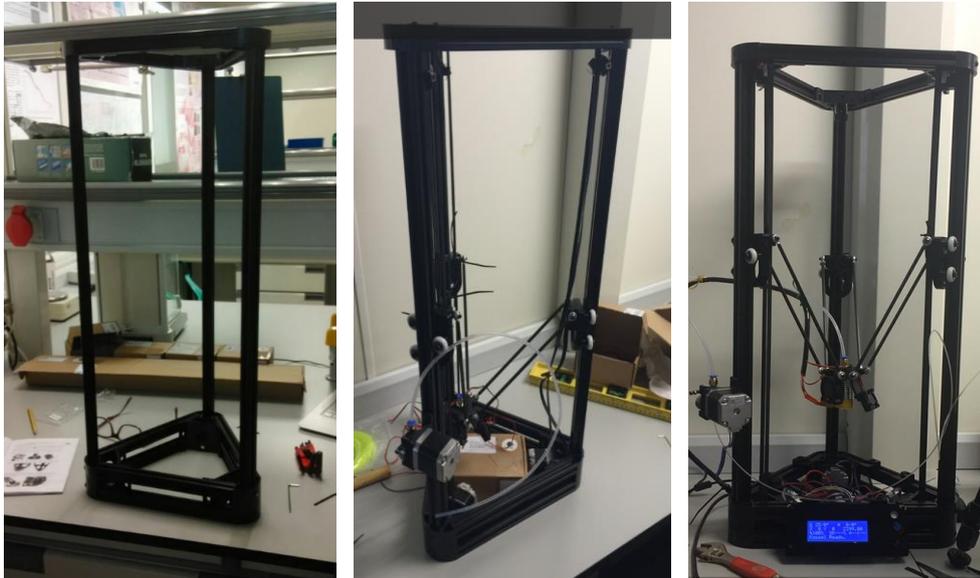
## 6. Plan de trabajo.

En el siguiente punto se explicará los pasos y procesos realizados para la preparación del plan de trabajo y conseguir que la impresora 3D funcione junto a sus distintos elementos.

### 6.1 Montaje de la impresora 3D, bomba peristáltica y otros componentes.

#### 6.1.1 Impresora 3D

En este punto se muestra la documentación gráfica del proceso de montaje de la impresora 3D, ya que se compró como un KIT, así como el ajuste de su software. El proceso de montaje se puede observar en la *figura 23*. En el Anexo 2 se detalla el proceso.



**Figura 23** Montaje de la impresora 3D

Finalmente, en la *figura 24* se puede observar que se colocó la impresora en el interior de una incubadora P. SELECTA HOTCOLD C (J.P. SELECTA, s.a., Barcelona) evitando así variaciones de temperatura que puedan afectar al proceso y tener un mejor control del flujo de aire.



**Figura 24** Impresora Kossel mini montada y colocada en la incubadora

### 6.1.2 Bomba Peristáltica y sistema de refrigeración

En este punto se comenta unos de los principales componentes de este proyecto, la bomba peristáltica. El sistema de alimentación que se empleará para el extrusor es una bomba peristáltica, MULTIFIX, de laboratorio con posibilidad de controlar el flujo, *figura 25*.



**Figura 25** Bomba peristáltica MULTIFIX

Sin embargo, la bomba peristáltica MULTIFIX no fue la única que se empleó en este proyecto. Debido a las altas viscosidades que presentan las masas de pan y las masas de

bizcocho con poco contenido de agua, se decidió ensayar con otras bombas, las cuales se pueden observar en las figuras 26 y 27. En Anexo 3 se detalla cada bomba.



**Figura 26** Bombas de vacío. Plastoquímica.



**Figura 27** Bombas de vacío "CompAir-Mono Pumps Ltd. ASEA

Para el sistema de refrigeración se emplea un baño que contiene una bomba incorporada. El baño tiene un control de temperatura, que nos permite hacer circular el agua a la temperatura ideal para evitar que en el interior del extrusor se produzcan costras debido a las altas temperaturas del sistema de secado. En la *figura 28* se puede observar el baño empleado para el proyecto.



**Figura 28** Baño con bomba incorporada. SELECTA

### 6.1.3 Otros Componentes

Los otros componentes que se han tenido que añadir a la impresora para optimizar su funcionamiento han sido: una cama caliente y un tablero de madera. A continuación, se detallara cada componente.

#### 6.1.3.1 Cama caliente.

Para optimizar el rendimiento del secado por deshidratación, se ha añadido una base caliente. Este tipo de base se puede hallar en múltiples impresoras que necesitan imprimir ABS. En la *figura 29* se puede observar la placa escogida para la impresora. La placa se colocará justo debajo del cristal de la impresora.

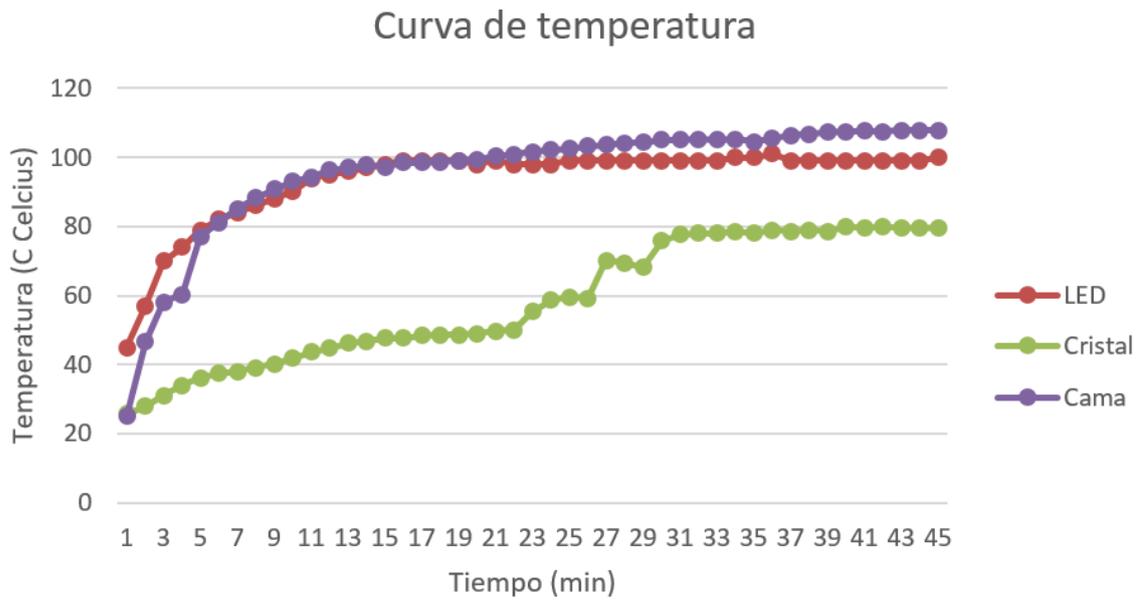


**Figura 29** Cama caliente circular

No obstante, para tener un control de temperatura exacto de la cama caliente en relación al tiempo y según la superficie, se ha realizado un estudio de “rampa de calor”.

Es decir, se ha tomado la lectura de la temperatura de la placa en distintos dispositivos cada minuto hasta lograr la máxima potencia de la placa.

En la figura 30 se puede observar el estudio realizado de la cama caliente.



**Figura 30** Curva de temperatura

A los 45 minutos no se observaba ninguno cambio significativo de temperatura. Por lo tanto, la temperatura máxima que alcanza la cama es de 107,8 grados. Sin embargo, en el display o Led el termistor detecta una temperatura de 100 grados y finalmente en el cristal, debido al aislamiento que proporciona, alcanza 79,6 grados.

#### 6.1.3.2 Tablero de madera.

El tablero de madera es el siguiente componente que se ha tenido que añadir a la impresora para poder proporcionar aislamiento a los componentes electrónicos.

En la figura 31 se muestra el tablero confeccionado para la impresora.



**Figura 31** Documentación gráfica del tablero de madera.

## 6.2 Estudio de las masas panarias

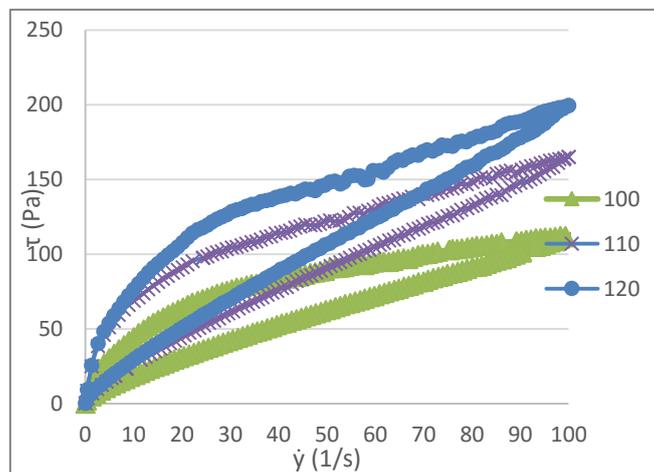
Este epígrafe trata del estudio de las distintas muestras de masas elaboradas. Como se ha mencionado anteriormente, con el objetivo de estudiar la diferencia entre usar masas cuyo ingrediente mayoritario es el agua o la proteína se estudia su viscosidad así como su velocidad de cocción mediante secado de aire caliente.

En primer lugar, se realizó un análisis reológico de las masas seguido del secado medido por cámara de infrarrojos.

### 6.2.1 Reometría

La evaluación de los dos tipos de masa panaria fue llevado a cabo en un reómetro HAAKE (Thermo Scientific HAAKE RheoSTress, Karlsruhe, Alemania) a una temperatura constante de 25 °C. Al ser dos tipos de formulaciones cuyos ingredientes principales poseen características diferentes, los tipos de masas obtenidos son distintos, por ello es necesario llevar a cabo dos tipos de ensayos.

Las muestras obtienen los siguientes resultados, figura 32, donde los datos obtenidos del ensayo de esfuerzo se puede observar que no siguen una relación lineal. Por lo tanto, es considerado como un fluido no newtoniano, fluido cuya viscosidad varía con la temperatura y tensión cortante que se le aplica.



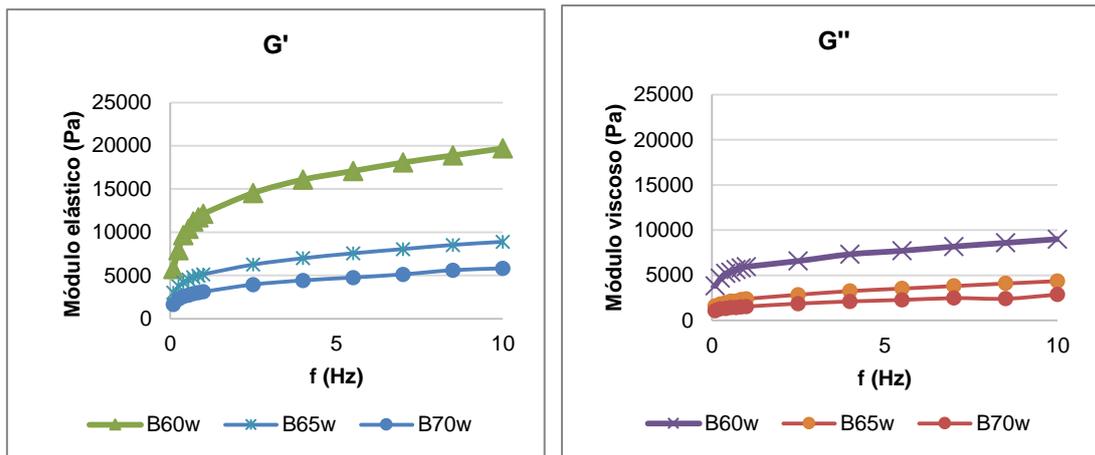
**Figura 32** Representación del esfuerzo (Pa) y velocidad de deformación (s<sup>-1</sup>) para cada una de las muestras de las masas de harina y clara de huevo pasteurizada.

En cuanto a la masa de clara de huevo pasteurizada, se llevó a cabo un ensayo dinámico oscilatorio a partir del cual se obtienen los módulos viscoelásticos  $G'$  y  $G''$

dependientes de la frecuencia, los cuales son respectivamente la parte real e imaginaria del módulo de esfuerzo complejo (Ecuación 1).

$$G^* = \tau / \gamma = G' + iG'' \text{ (Ecuación 1)}$$

El módulo de almacenamiento ( $G'$ ) da una indicación acerca de la naturaleza elástica de la muestra bajo las condiciones del ensayo y el módulo de pérdida ( $G''$ ) está relacionado con su comportamiento viscoso [65]. Figura 33



**Figura 33** Representación del módulo elástico y módulo viscoso para cada una de las formulaciones de las masas de agua y harina

En la siguiente figura se pueden observar la documentación gráfica del equipo usado para los análisis.[66] (figura 34)



**Figura 34** Equipo de reología

En definitiva, la masa de repostería (bizcocho) es un fluido no newtoniano pseudoplástico y la masa panaria es un tipo de fluido viscoelástico.[71]

### 6.2.2 Cinética de secado.

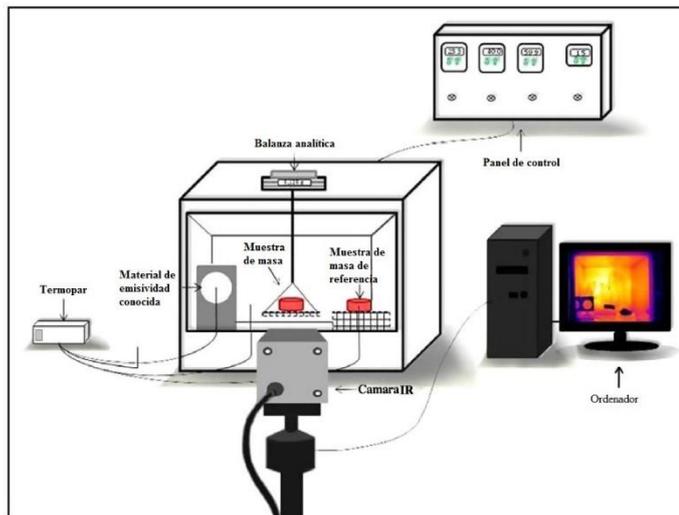
Para poder identificar que masa presenta las mejores características para el sistema de deshidratación que se instalará en la impresora 3D, que se quiere desarrollar en este proyecto se ha simulado, como se ha mencionado anteriormente, el horneado de masas panarias. En las figuras 35 y 36 se muestran la instalación del equipo y en la figura 37 se puede observar un esquema del montaje.



**Figura 35** Equipo de cinética de secado

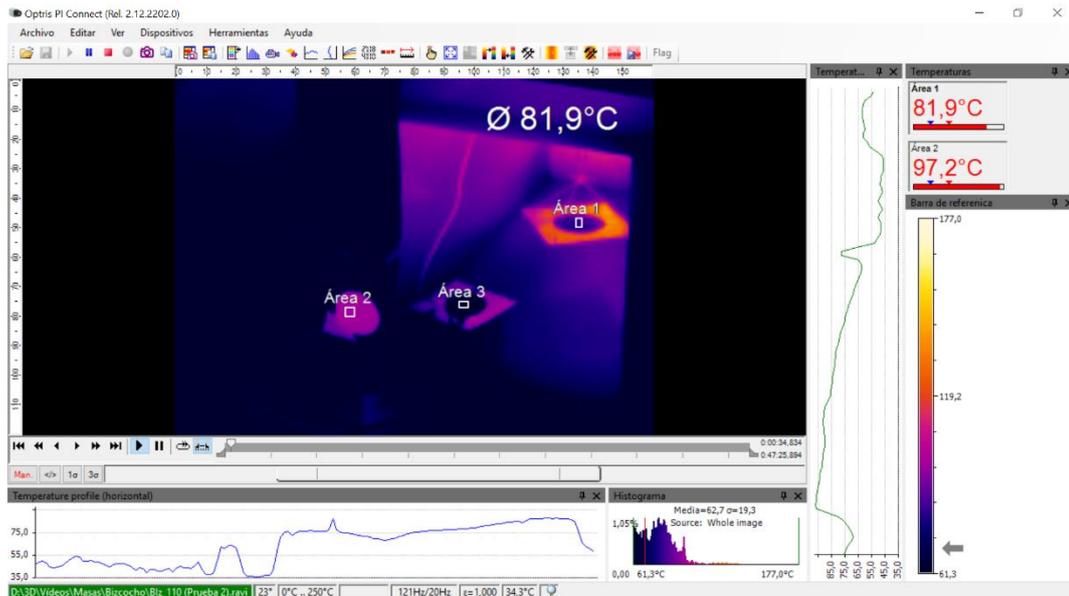


**Figura 36** Detalle del equipo de cinética de secado



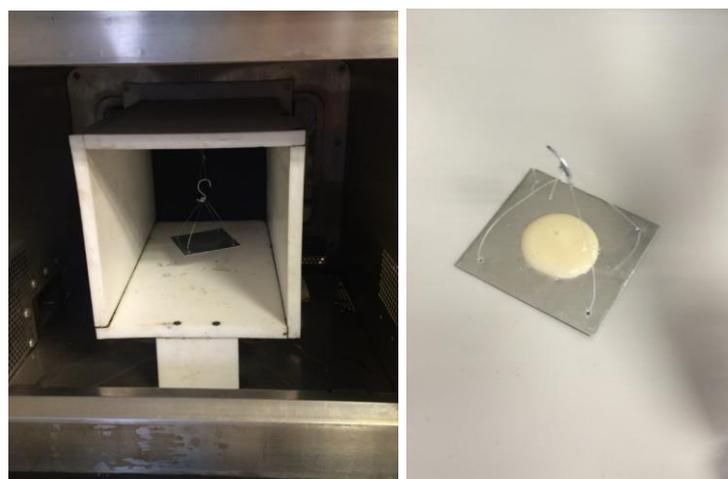
**Figura 37** Esquema de la instalación del estudio

Para el estudio se ha empleado una cámara termográfica Optris PI® 160 para poder estudiar la cinética de secado de las masas, puesto que utiliza una matriz de plano focal bidimensional con 160 x 120 pixels, un rango espectral de 7,5-13  $\mu\text{m}$ , una resolución de 0,05  $^{\circ}\text{C}$  y una precisión de  $\pm 2\%$ . En la figura 38 se puede observar una captura de pantalla del estudio realizado con el bizcocho con la ayuda de la cámara.



**Figura 38** Captura de pantalla del programa Optris Pi Connect usando la cámara de infrarrojos.

El experimento fue llevado a cabo para cada una de las formulaciones mencionadas en el punto 5.2. La muestra de masa fue suspendida en el interior de un secador convectivo, figura 39, donde se fue midiendo la masa en intervalos de 1 minuto los 22 primeros minutos, en intervalos de 2 minutos desde el minuto 22 hasta el 30 y por último, en intervalos de 5 minutos. La temperatura del secador se estableció en 100°C. Un material de referencia de emisividad conocida ( $e = 0.95$  – Optris GmbH, Berlin, Alemania) fue situado cerca de la muestra y todo ello grabado con una cámara infrarroja con el objetivo de corregir la emisividad de la muestra de masa.

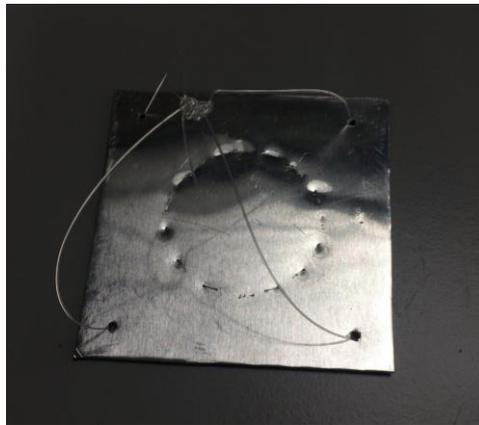


**Figura 39** Documentación gráfica de donde y como se posicionan las muestras de masas.

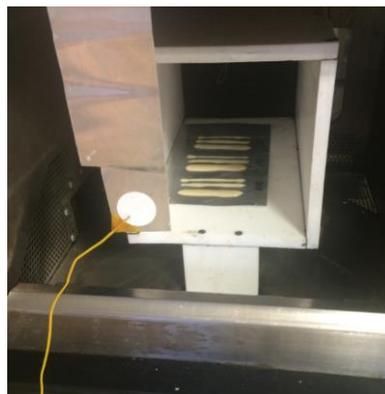
La temperatura del aire de secado, de la muestra de masa, del material de referencia y la de del ambiente fueron medidas con K-thermocouples (K-termopares) para así corregir las emisividades registradas por la cámara. Los valores de humedad relativa eran medidos por el secador.[67]

Los datos de la temperatura ambiente y de la pegatina fueron medidos con K-thermocouples. Los datos de humedad relativa venían dados por el equipo de secado. Además de esto mediante la cámara se obtuvieron datos de temperatura de pegatina y temperatura de cada una de las muestras de diferentes grosores. Comparando ambos datos fue posible corregir las emisividades. La masa de las muestras fue determinada por un balanza Mettler Toledo AB304-S con una precisión de  $\pm 0,001$ . [68]

Para la determinación del volumen de cada muestra utilizada en el secado, se utilizó un diámetro conocido de 3 cm y un grosor determinado (figura 40). Además de esto, para escoger el grosor más adecuado para la impresión 3D, ambos tipos de masa fueron dispuestas en tiras de unos 5 cm sobre una lámina mediante la extrusión con jeringuillas a las que se le acoplaron boquillas con 2, 3 y 4 mm de diámetro (Figura 41 y 42) y se sometieron a la misma operación de secado anteriormente explicada.



**Figura 40** Plaquita donde se coloca la muestra.

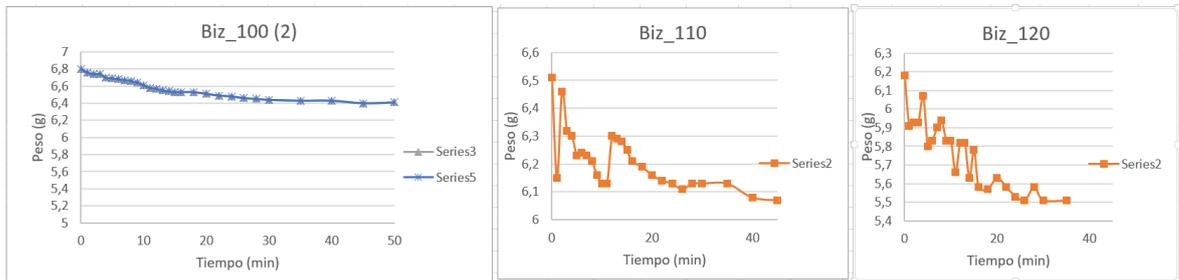


**Figura 41** Documentación gráfica de los ensayos con las tiras de masas con distinto espesor.



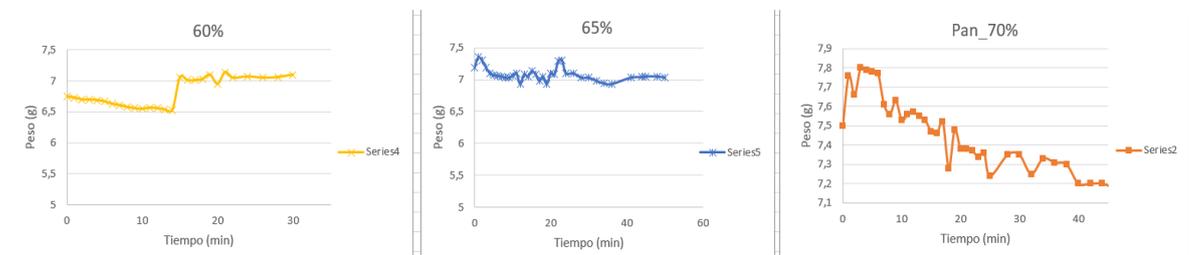
**Figura 42** Documentación gráfica de los dos ensayos realizados para los dos tipos de masas.

En la figura 43 se puede observar los resultados extraídos para el bizcocho. Se observa que el tiempo aproximado para su cocción varía entre 40 y 50 minutos.



**Figura 43** Resultado obtenidos de la masa de bizcocho.

En la figura 44 se muestran los resultados de las masas de pan. Su tiempo de secado es menor que las muestras de bizcocho, ya que las más pesadas apenas superan los 40 minutos.



**Figura 44** Resultados obtenidos de las muestras de masa de pan

### 6.3 Evaluación

Tras la preparación del plan de trabajo se extraen los datos necesarios para la elaboración del extrusor.

En primer lugar, con el volumen de impresión que proporciona la impresora se requiere que el extrusor no sobrepase los 9 cm de anchura. Este volumen permite al menos imprimir elemento de unos 10 cm de anchura.

Seguidamente, se notifica el tiempo que tarda la cama caliente en llegar a los 100 grados, el cual es de 29 minutos. Sin embargo, si se mantiene el uso del cristal solamente rozará los 80 grados.

A continuación, se extraen los datos del estudio de reometría, donde se ha podido observar que las formulaciones con mayor cantidad de harina tienen un valor más alto y por lo tanto una mayor consistencia. Por lo tanto, son fluidos newtonianos, es decir, a medida que aumenta la temperatura de un fluido líquido, disminuye su viscosidad. Esto quiere decir que la viscosidad es inversamente proporcional al aumento de la temperatura.

Posteriormente, en el estudio de cinética de secado, las masas de pan presentan una rapidez de cocción mayor que las masas con bizcocho. Esa rapidez es favorable a la hora de imprimir alimentos y poder obtener una estructura más estable.

Finalmente, se analiza que el diámetro adecuado de boquilla para el extrusor es el intermedio de 3 mm, para poder usarlo con la masa de pan. Esta masa presenta un secado más rápido y una viscosidad con la cual se puede trabajar en impresión 3D.

## 7. Prototipado

Diseñado el nuevo extrusor ajustándolo a las masas panarias y con el estudio preliminar se obtiene un primer prototipo.

Recordando que el principal objetivo de este trabajo de fin de máster es diseñar y construir un extrusor que permita imprimir masas panarias y lograr un estado de precocinado. Para ello, se requiere un sistema de refrigeración, el cual protege el alimento que contiene el extrusor a temperaturas ideales del sistema de secado, que se quiere instalar en la impresora 3D.

El extrusor deberá de afrontar varios obstáculos para poder cumplir todas las pautas planteadas. Para poder resolverlas, el extrusor presenta un cierre un cierre retórico que proporciona estanqueidad al producto. Además, al tener un cierre por roscado permite un fácil desmontaje, y por lo tanto es sencillo limpiar las piezas y poder intercambiar las boquillas. Sin embargo, el material empleado para la fabricación del prototipo es “permeable”, por lo tanto se le aplicará un recubrimiento de pintura de caucho en la superficie y el uso de teflón en el roscado que solucionará este problema. El extrusor posee una boquilla con un ángulo lo suficientemente abierto para evitar los cambios bruscos de presión dentro del extrusor. Finalmente, teniendo en cuenta que es la primera fase del proyecto y puede evolucionar de manera imprevisible, se ha desarrollado un primer prototipo con material plástico para prevenir y adquirir las posibles mejoras antes de mecanizar. Eso permitirá el ahorro de material y gastos en los futuros ajustes.

A continuación se detalla la propuesta en CAD del extrusor, sus análisis de estructura, la fabricación y ensamblado del prototipo, las pruebas y los resultados de la eficiencia del producto.

### 7.1 Desarrollo de la propuesta (CAD)

Se explicarán y mostrarán unos renders detallados de la propuesta del extrusor realizado con el programa de SolidWords.

En primer lugar el “Cuerpo”, *figura 45*.



**Figura 45** Cuerpo

Se puede constatar lo siguiente:

- Su conexión entre las otras piezas es mediante roscado. El roscado ha sido diseñado específicamente para esta pieza, se pueden encontrar las especificaciones en la planimetría.
- Presenta un espesor de 6 mm para lograr un mayor aislamiento.
- Contiene dos orificios laterales, los cuales representan la entrada y salida del sistema de refrigeración. La entrada es la abertura inferior y la salida la superior. En ambas conexiones se colocan una tuerca M12, donde se rosca un enganche usado en el riego por gotero. Este enganche permite colocar el tubo de silicona que proviene del baño.

En segundo “Tapa superior”, *figura 46*.

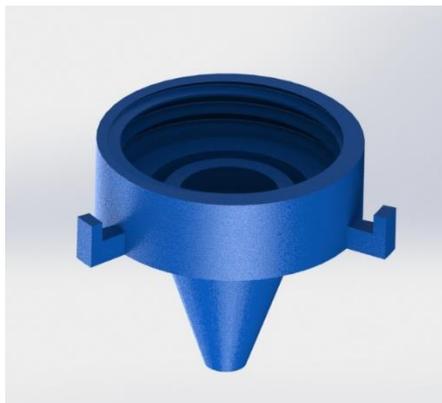


**Figura 46** Tapa superior

Se destaca lo siguiente:

- Su conexión con la pieza “Cuerpo” es por roscado, el cual ha sido diseñado específicamente, como se ha comentado anteriormente.
- Presenta un espesor de 6 mm para lograr un mayor aislamiento.
- Contiene una sección donde se coloca la arandela y el tubo interno. En esa sección se produce el cierre retórico impidiendo el contacto del agua con el alimento.
- En la parte superior está la entrada del alimento. Se coloca una tuerca M12 con un enganche de riego por gotero para las masas menos viscosas ( tipo bizcocho), o un enganche Marcho-Hembra para las masas más viscosas ( tipo masa de pan), ya que presenta una mayor sección de entrada.

En tercer lugar “Tapa Inferior”, figura 47.

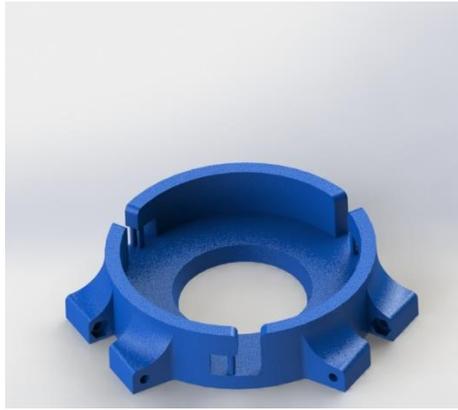


**Figura 47** Tapa inferior

Se puede observar lo siguiente:

- Su conexión con la pieza “Cuerpo” es por roscado al igual que la tapa superior, el cual ha sido diseñado específicamente, como se ha comentado anteriormente.
- Contiene al igual que la tapa superior una sección donde se coloca la arandela y el tubo interno. En esa sección se produce el cierre retórico impidiendo el contacto del agua con el alimento.
- En los laterales se puede observar los enganches mediante encaje se coloca en la cuarta pieza que es el soporte del extrusor.
- La boquilla tiene una abertura mayor de 100 grados para evitar cambios brusco de presión para acabar con un tramo recto.

A continuación se puede observar el “soporte extrusor” en la siguiente figura:



**Figura 48** Soporte extrusor

Se puede observar lo siguiente:

- En los laterales presenta tres secciones para la conexión mediante encaje con la pieza “tapa inferior”
- En el centro se halla un agujero donde pasa y de apoya la pieza “tapa inferior”
- En los laterales se observan seis salientes, los cuales sirven para colocar 6 tuercas de M3 y 6 tornillos de M3 que permiten engancharse a la impresora.

Finalmente el “tubo interno” se puede ver en la siguiente figura:

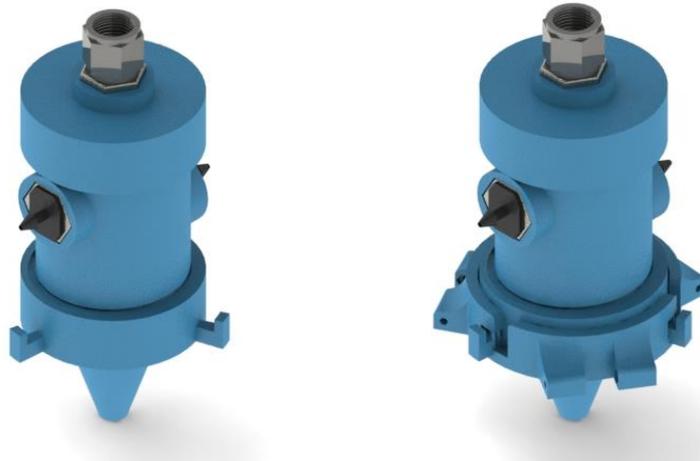


**Figura 49** Tubo interno

En la siguiente pieza se destaca en:

- Pieza conectada con la tapa superior e inferior mediante presión adquirida por el roscado y la arandela obteniendo un cierre retórico.
- En el interior de esta pieza se almacena el alimento
- El interior del tubo tiene un recubrimiento para uso alimentario.

Posteriormente se muestran en la figura 50 el ensamblaje del extrusor.



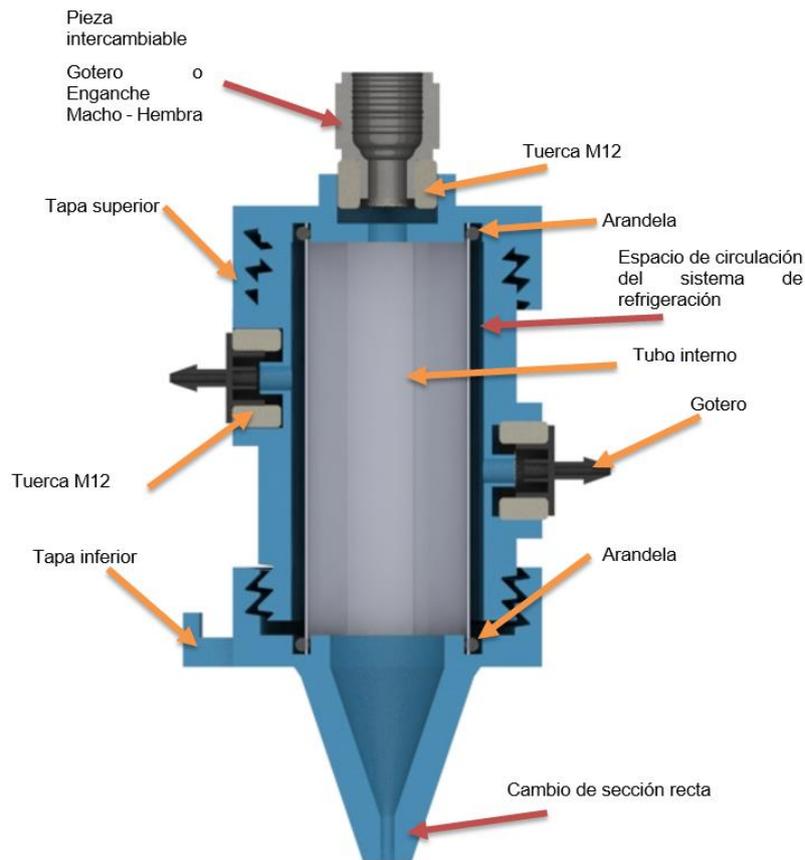
**Figura 50** Ensamblaje del extrusor con la pieza enganche Macho - Hembra

También se muestra en la figura 51 el ensamblaje del extrusor con un distinto enganche en la tapa superior para el uso de las masas con bizcocho.



**Figura 51** Ensamblaje del extrusor con la pieza de gotero en la Tapa superior

Finalmente, se observa en la consiguiente figura una sección del extrusor para ver su ensamblaje interno con explicaciones detalladas.



**Figura 52** Explicación detallada de los componentes mediante una sección del ensamblaje del extrusor

## 7.2 Análisis estructural (CAE)

En siguiente punto se detallan el estudio estático realizado para cada elemento del extrusor seguido de una simulación de fluidos para representar el sistema de refrigeración en el extrusor.

### 7.2.1 Análisis estático

Se ha realizado un análisis estático, con el programa SolidWorks, para cada elemento, que se debe de imprimir con una impresora 3D, de forma individual. En el estudio se comprueba las tensiones, las deformaciones y los desplazamientos. Cada componente tiene establecido una sujeción con referencia a la conexión entre componentes. Las fuerzas o presiones aplicadas a las piezas han sido tomadas de los datos anteriormente analizados y con la ayuda de la malla que ha generado el programa se han extraído los resultados. El material aplicado empleado para las piezas es ABS, en la tabla 7 se detallan sus propiedades. El peso y sus características del material son generados automáticamente al atribuir el material a la pieza.

Los cálculos generados para obtener la fuerza aplicada se han hecho mediante la conversión a Newton, dónde 1kg es igual a 9.8 N.

<i>Propiedad</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>
<i>Módulo elástico</i>	2000	N/mm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente de Poisson</i>	0.394	N/D
<i>Módulo cortante</i>	318.9	N/mm <sup>2</sup>
<i>Densidad de masa</i>	1020	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Conductividad térmica</i>	0.2256	W/(m*K)
<i>Calor específico</i>	1386	J/(Kg*K)
<i>Resistencia de tensión</i>	4,2-5,3	Kg/mm <sup>2</sup>
<i>Módulo de tensión</i>	214-255	
<i>elongación</i>	45	%
<i>modulo de tracción</i>	2.1-2.4	GPa

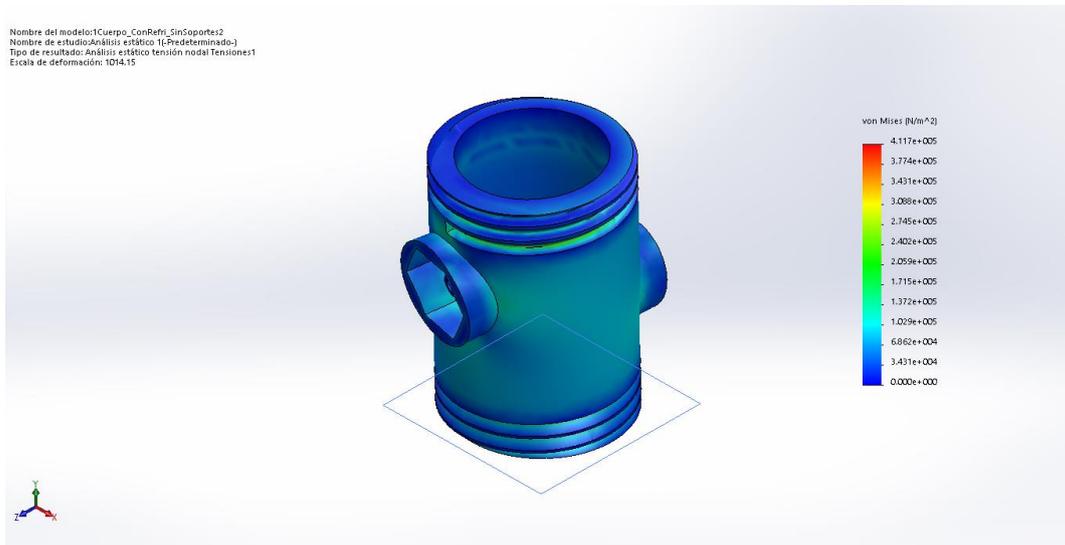
**Tabla 7** Propiedades del material

Seguidamente se exponen los estudios obtenidos.

### 7.2.1.1Cuerpo

En las siguientes tablas se muestran los resultados del análisis estático de la pieza.

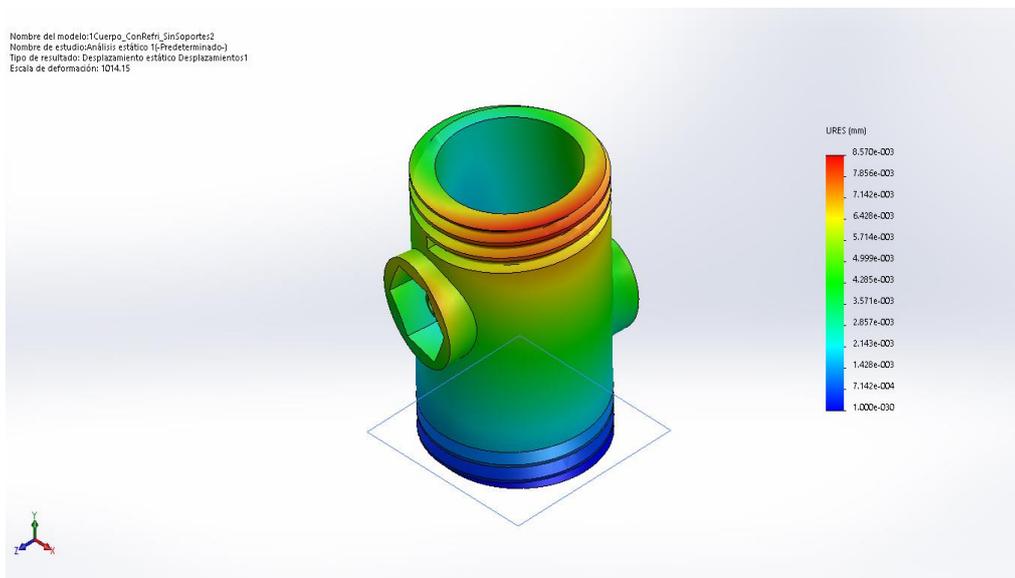
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0 N/m <sup>2</sup> Nodo: 18336	411716 N/m <sup>2</sup> Nodo: 14412



Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

**Tabla 8** Tensiones Cuerpo

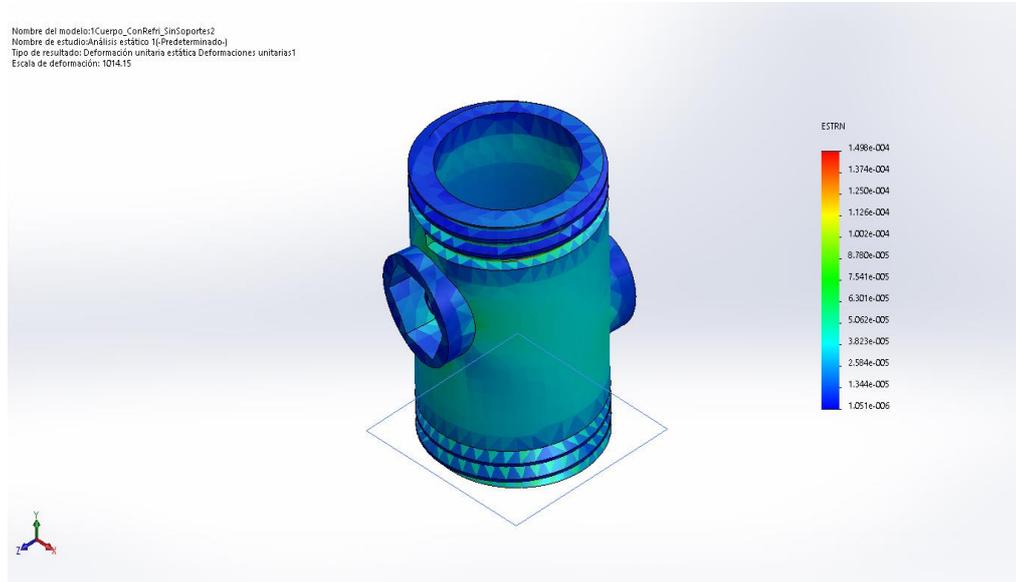
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: resultantes	Desplazamientos 0 mm Nodo: 626	0.00857047 mm Nodo: 13892



Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

**Tabla 9** Desplazamientos Cuerpo

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0 Elemento: 10220	0.00014976 Elemento: 6523



Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

**Tabla 10** Deformaciones Cuerpo

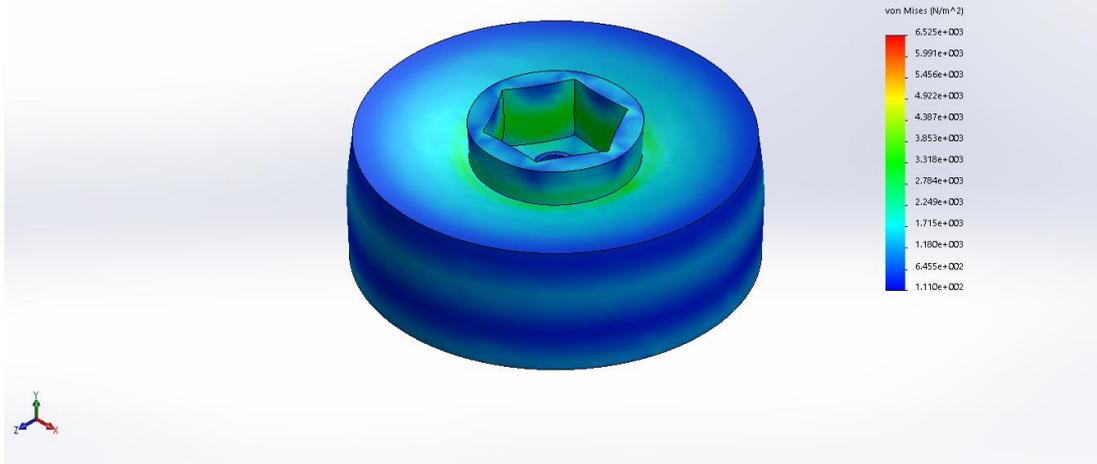
Tras el estudio realizado se puede constatar en los resultados que la estructura es lo suficientemente resistente, la parte con mayor riesgo de desplazamiento es el roscado, el cual no sobrepasa los límites.

### 7.2.1.2 Tapa Superior

En las siguientes tablas se muestran los resultados del análisis estático de la pieza.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	110.963 N/m <sup>2</sup> Nodo: 10293	6525.23 N/m <sup>2</sup> Nodo: 12762

Nombre del modelo:Tapa\_Superior\_4\_TuercaGrande  
Nombre de estudio:Análisis estático 1i-Predeterminadoj  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 65377.4

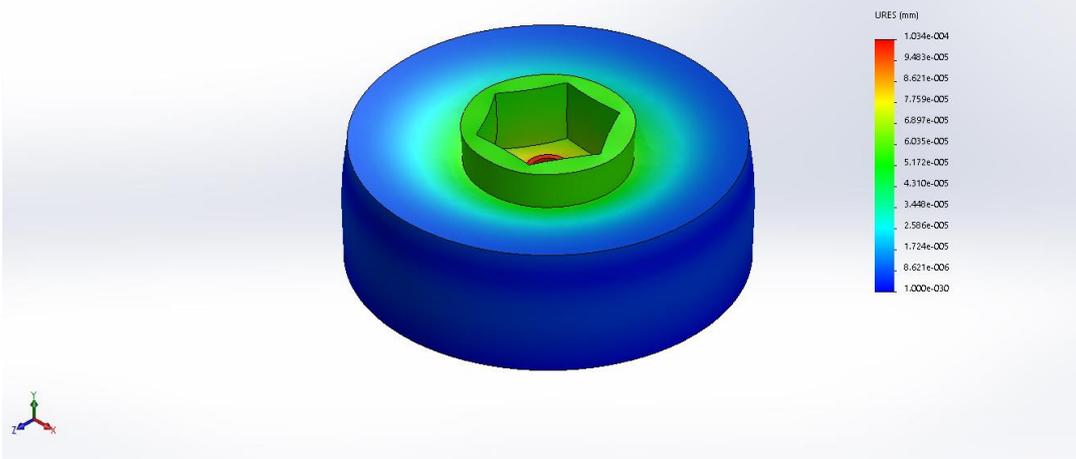


-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

**Tabla 11** Tensiones Tapa superior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: resultantes	Desplazamientos 0 mm Nodo: 219	0.000103449 mm Nodo: 12851

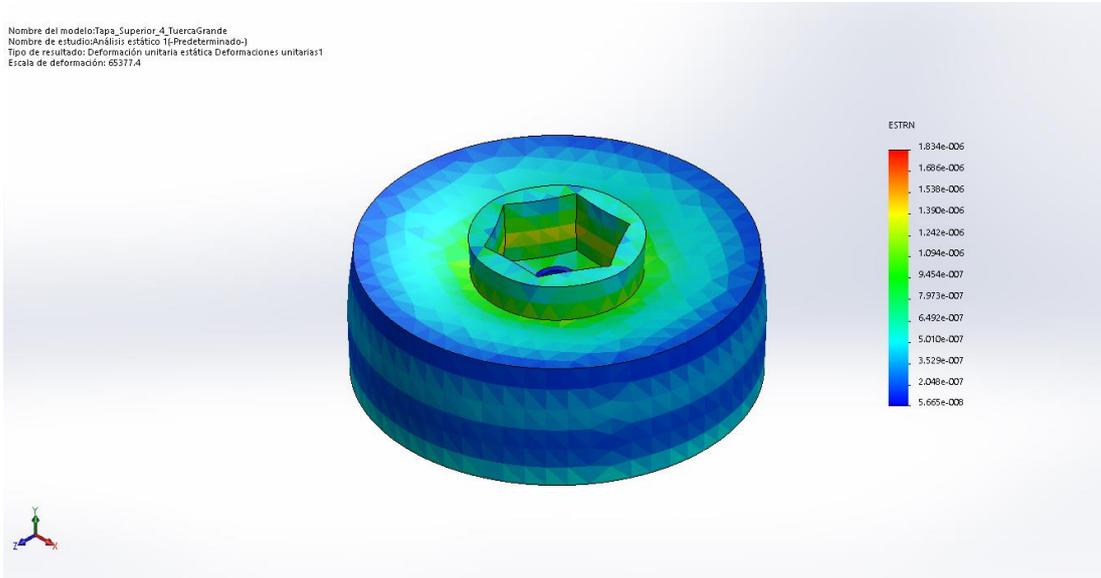
Nombre del modelo:Tapa\_Superior\_4\_TuercaGrande  
Nombre de estudio:Análisis estático 1i-Predeterminadoj  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 65377.4



Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

**Tabla 12** Desplazamientos Tapa superior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5.66539e-008 Elemento: 1956	1.83418e-006 Elemento: 2021



Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

**Tabla 13** Deformaciones Tapa superior

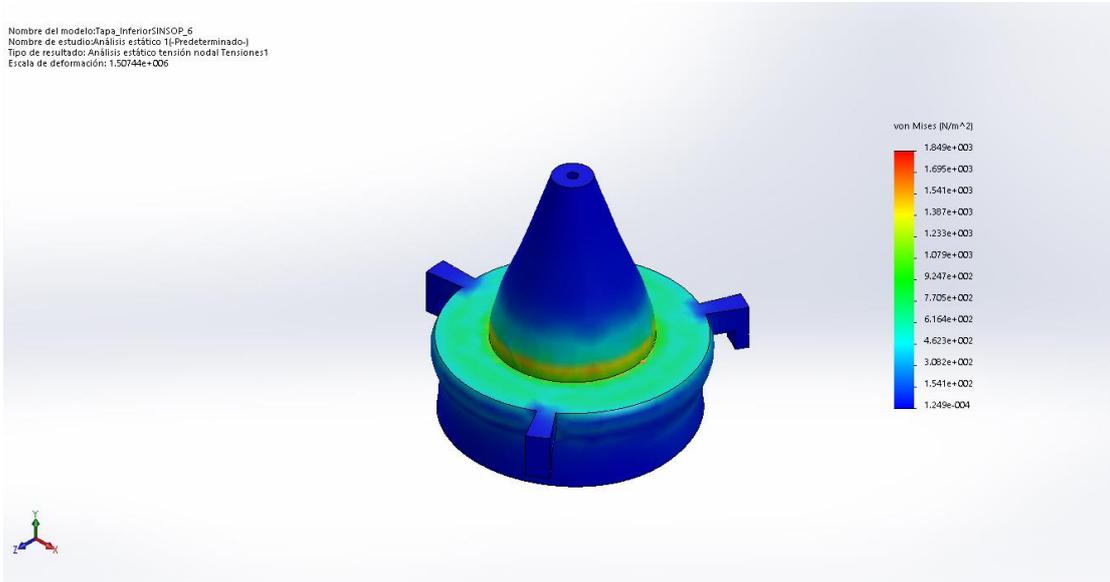
Tras el análisis realizado se puede concluir que la estructura de la pieza es lo suficientemente resistente, la parte con mayor riesgo de desplazamiento la entrada del alimento, el cual no sobrepasa los límites.

### 7.2.1.3 Tapa Inferior

En este punto se detalla el análisis estático de la tapa inferior.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000124863 N/m <sup>2</sup> Nodo: 4138	1849.3 N/m <sup>2</sup> Nodo: 7584

Nombre del modelo:Tapa\_InferiorSINSOP\_6  
Nombre de estudio:Análisis estático 1c(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático Tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1.50744e+006

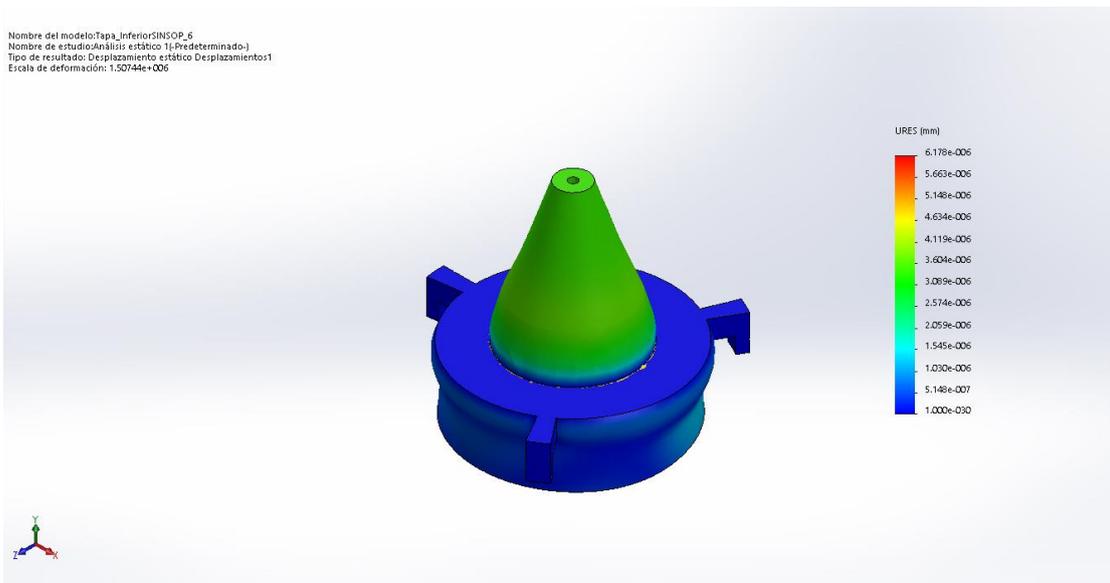


Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

**Tabla 14** Tensiones Tapa inferior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 718	6.17802e-006 mm Nodo: 710

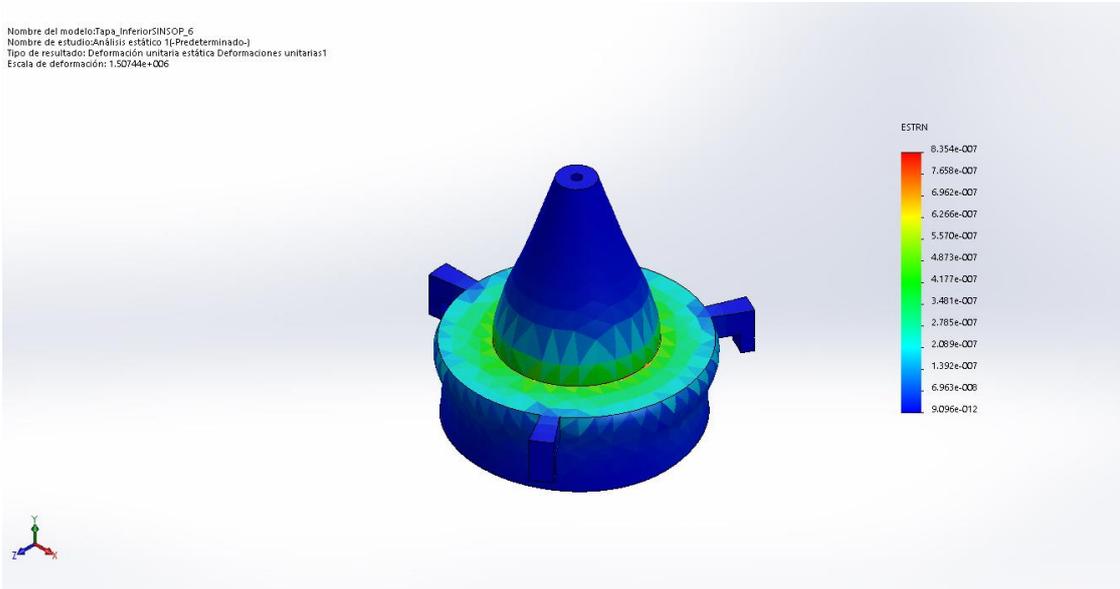
Nombre del modelo:Tapa\_InferiorSINSOP\_6  
Nombre de estudio:Análisis estático 1c(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 1.50744e+006



Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

**Tabla 15** Desplazamientos Tapa inferior

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.09649e-012	8.35447e-007
		Elemento: 6627	Elemento: 5576



Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

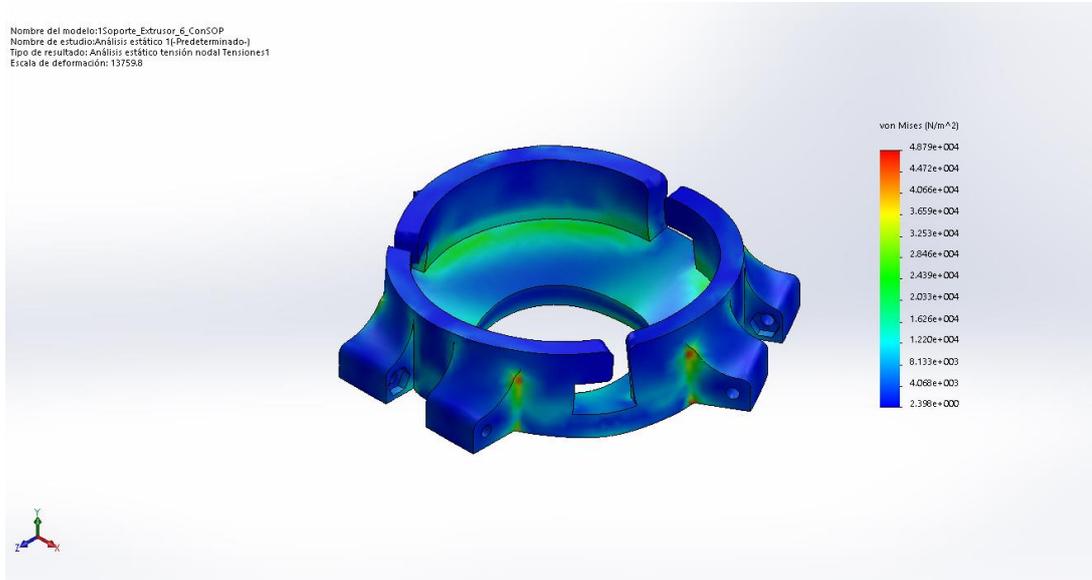
**Tabla 16** Deformaciones Tapa inferior

La pieza es lo suficientemente segura, ya que los valores obtenidos son mínimos. Por lo tanto, la estructura del elemento es adecuada para resistir a las fuerzas y presiones sometidas.

#### 7.2.1.4 Soporte Extrusor

En este punto se expone el análisis estático del Soporte Extrusor.

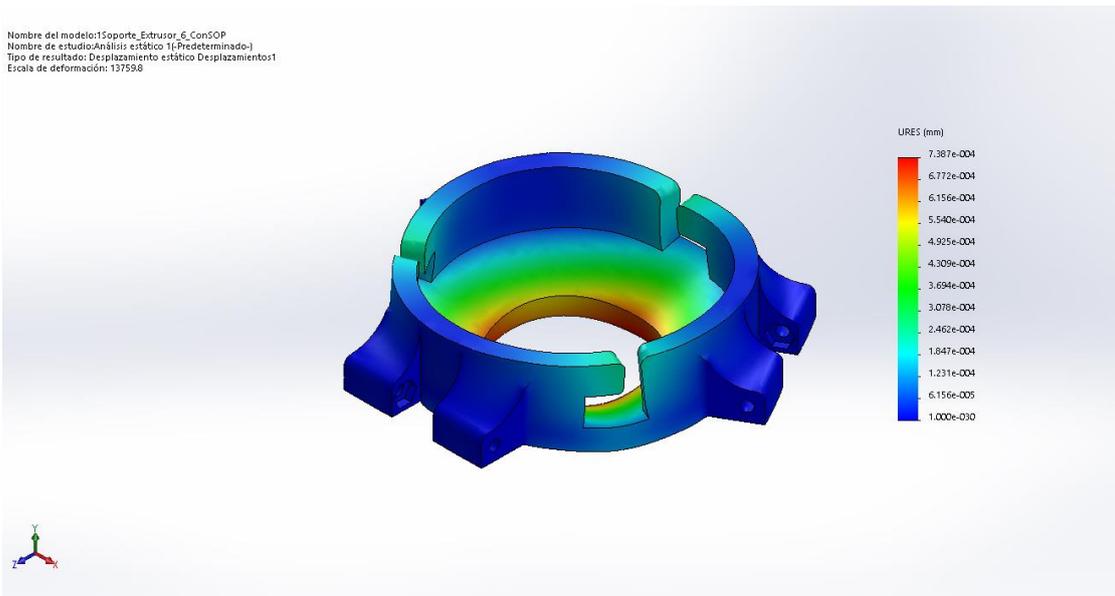
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.3981 N/m <sup>2</sup> Nodo: 699	48786.9 N/m <sup>2</sup> Nodo: 7576



Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

**Tabla 17** Tensiones Soporte extrusor

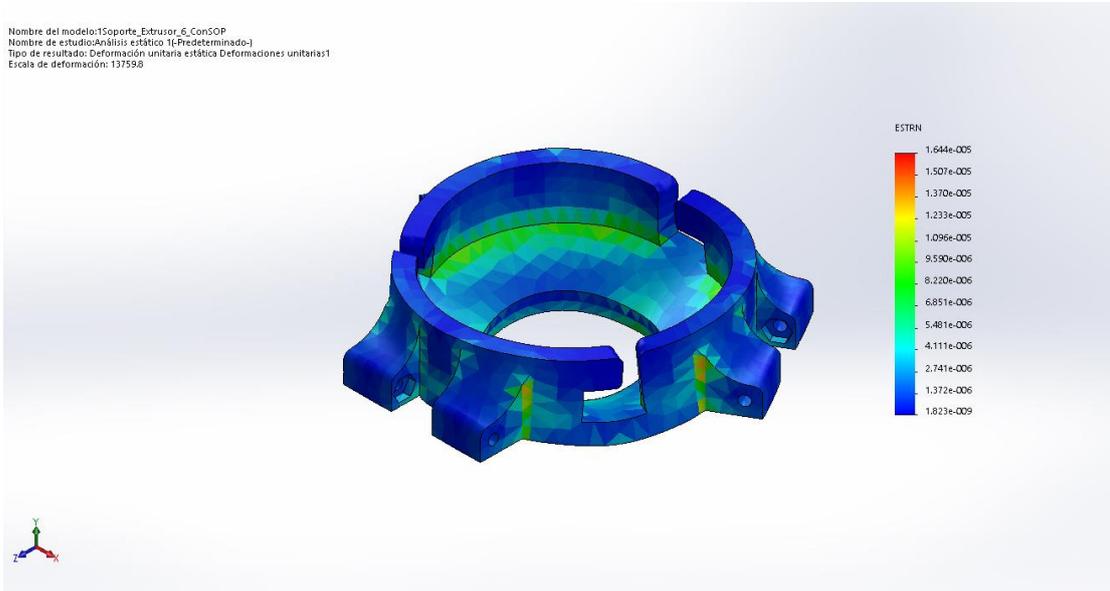
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 8	0.000738723 mm Nodo: 450



Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

**Tabla 18** Desplazamiento Soporte Extrusor

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.82325e-009 Elemento: 5995	1.64392e-005 Elemento: 5182



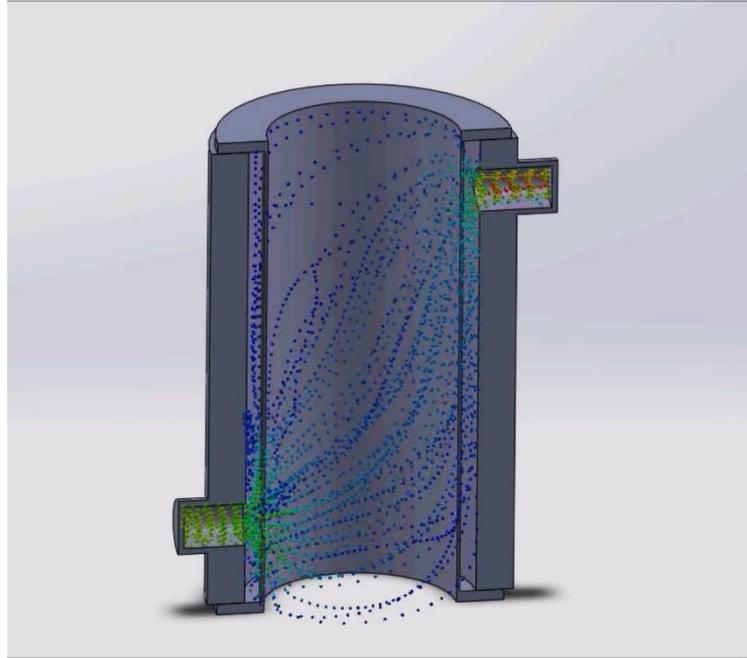
Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

**Tabla 19** Deformaciones Soporte extrusor

La pieza presenta una estructura segura según los valores obtenidos del estudio. La única para más delicada es el centro de la pieza donde debe resistir al peso del extrusor y la presión ejercida por el alimento. No obstante, los valores mostrados en el análisis son favorables.

## 7.2.2 Simulación de fluidos

En el siguiente punto se muestra una figura de la simulación de fluidos obtenidas con el programa SolidWorks. En la figura 53 se puede observar la circulación del sistema de refrigeración que tendría en el extrusor.



**Figura 53** Simulación de fluidos para el sistema de refrigeración

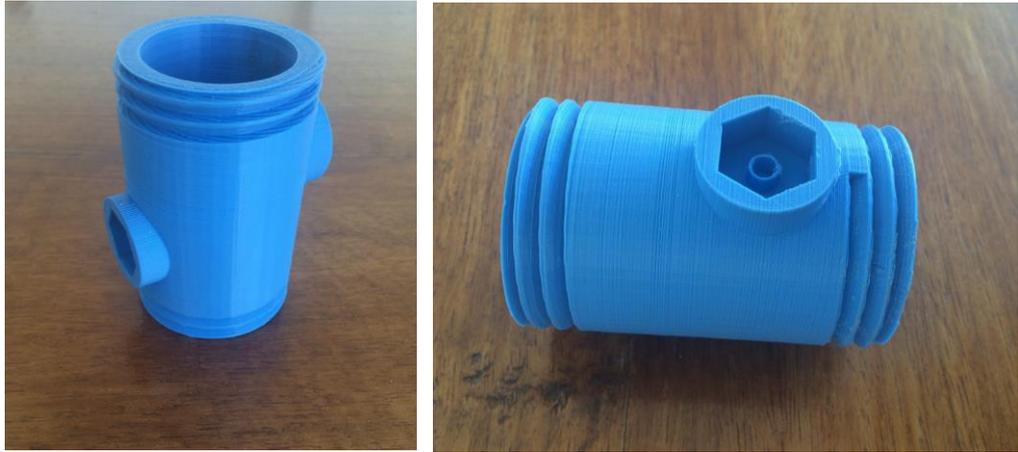
En la figura 53 se puede observar una sección del Cuerpo del extrusor y del tubo interno para poder visualizar el comportamiento del fluido. El fluido se propaga correctamente a lo largo del extrusor, permitiendo así cumplir adecuadamente con su objetivo, mantener el alimento aislado.

### 7.3 Prototipo

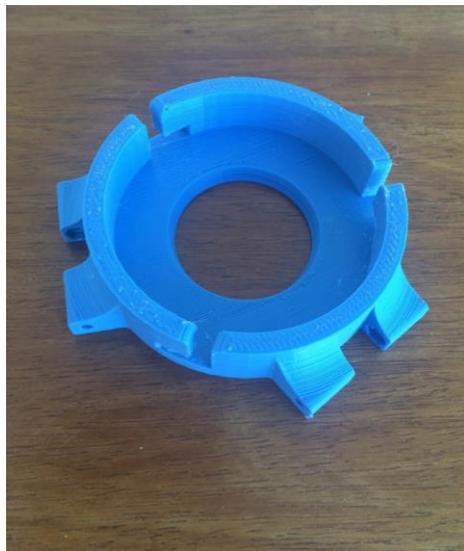
En este apartado se mostrará el proceso de fabricación del extrusor diseñado anteriormente.

Se guardaron los archivos en formato STL y se imprimieron en la impresora Prusa i3 de Bq. El material empleado para este primer prototipo es PLA. Cuando se instale el sistema de secado se imprimirá un prototipo en ABS. Las piezas que no pueden ser impresas, tales como las tuercas, enganche, goteros o tubo interno se compraron a un proveedor de FabLab Valencia.

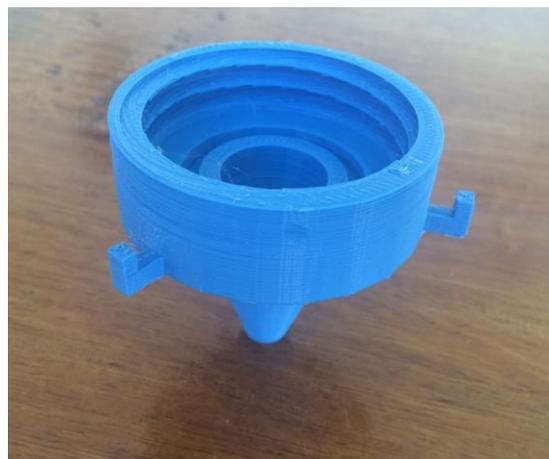
Seguidamente, se observa la documentación gráfica de las piezas en solitarias (figuras 54, 55, 56 y 57) y ensambladas recién impresas (figuras 58 y 59). Más adelante, se muestran las modificaciones aportadas al extrusor, como es la aplicación del recubrimiento para conseguir una estructura impermeable, o la colocación de las tuercas a las piezas del extrusor con la ayuda de un soldador, calentando la tuerca, para encajarla perfectamente en la pieza (figuras 60, 61 y 62).



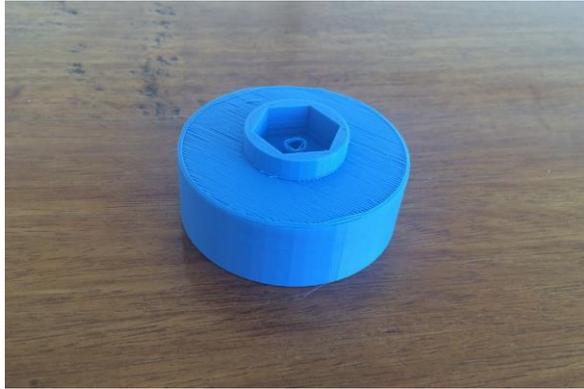
**Figura 54** Prototipo Cuerpo



**Figura 55** Prototipo Soporte Extrusor



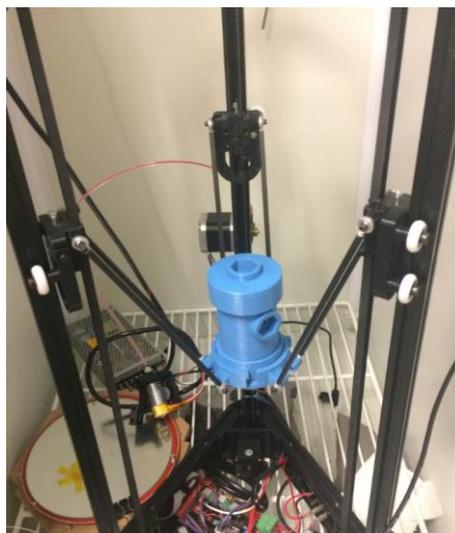
**Figura 56** Prototipo Tapa inferior



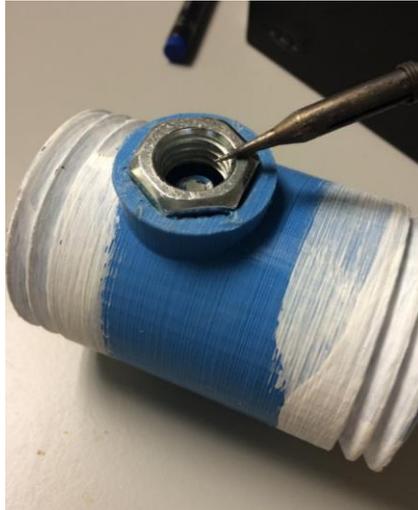
**Figura 57** Prototipo Tapa superior



**Figura 58** Prototipo Ensamblaje con soporte del extrusor



**Figura 59** Comprobación que el prototipo se coloque bien en la impresora



**Figura 60** Colocación de las tuercas M12 mediante el uso de soldador



**Figura 61** Prototipo Con el recubrimiento aplicado y el teflón



**Figura 62** Prototipo con recubrimiento y teflón ensamblado

## 7.4 Ensayos 3D

Ensamblado el prototipo, se procede a realizar unas pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de su sistema de refrigeración y su cierre retórico proporcionando estanqueidad y aislamiento al alimento. Seguidamente se prueban las bombas peristálticas con las masas elaboradas con los mejores resultados, para poder finalmente realizar pruebas con la impresora 3D para comprobar la funcionalidad y efectividad del producto.

### 7.4.1 Comprobación del cierre retórico y estanqueidad del extrusor.

En primer lugar era necesario comprobar que el alimento estaba perfectamente aislado. Para ello se retiró la pieza central, “Cuerpo” y se colocó el tubo interno en su posición entre la tapa superior e inferior. Se hizo pasar agua por la entrada superior de la “Tapa superior” usando la bomba peristáltica MULTIFLIX. En la figura 63 se puede observar el montaje realizado para la comprobación del sistema.



**Figura 63** Experimento para comprobar el cierre retórico

El experimento ha resultado ser favorable, comprobando así el buen funcionamiento del cierre retórico.

### 7.4.2 Comprobación del sistema de refrigeración.

Para verificar que el sistema de refrigeración funcione como se ha previsto en la simulación de fluidos se lleva a cabo un ensayo para comprobar si no ocurre ninguna fuga de agua. En la figura 64 se puede observar el ensayo realizado.



**Figura 64** Ensayo del sistema de refrigeración

Este experimento ha resultado ser también favorable lo que permitió comprobar que el sistema de refrigeración funciona correctamente. El experimento se realizó con agua y con el uso de la bomba peristáltica MULTIFIX.

### 7.4.3 Pruebas de impresión 3D

En este punto se detalla el procedimiento realizado para la elaboración de las pruebas de impresión.

En primer lugar se realizaron pruebas de bombeo con las distintas bombas adquiridas para poder lograr imprimir con la masa más óptima que se obtuvieron de los análisis, la cual es la masa panaria. No obstante, la masa panaria resulta siendo la solución con mayor viscosidad y por lo tanto no se pudo realizar ensayos con ello debido a un problema mecánico. Es decir, no se logró adquirir una bomba lo suficientemente potente para imprimir con la masa. En las figuras XXX se pueden ver las bombas probadas para el experimento.

Tras ello, se decidió escoger la masa de bizcocho, seleccionando la que mejor comportamiento y resultado obtuvo, es decir, la que contiene menor cantidad de huevo. Se usó la bomba peristáltica MULTIFIX, la cual consiguió succionar la masa, pero

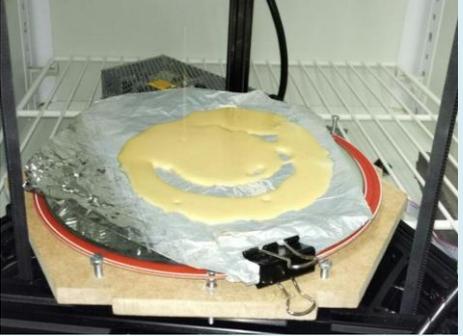
proporcionando un flujo muy lento. Comprobado que se puede tener al menos un flujo constante se procede a la instalación del equipo, figura 65, para realizar las pruebas. El equipo consta de un baño de vapor, una simulación de un sistema de secado proporcionado por un calefactor, el cual proporciona una temperatura ambiente más elevada, una bomba peristáltica, un recipiente con la masa, un ordenador portátil, el extrusor y una impresora 3D. En la tabla 20 se pueden observar los ensayos elaborados.



**Figura 65** Instalación del equipo.

*Características*

*Documentación gráfica*

<p><i>Prueba 1</i></p>	<p>Pieza: Circulo 60x60x3mm</p> <p>Velocidad del extrusor: 55%</p> <p>Trazo del alimento: Discontinuo y exceso en algunos tramos</p> <p>Capa primera: 3 mm</p> <p>Capas continuas: 3 mm</p> <p>Comentarios: No se consigue controlar el flujo que proporciona la bomba peristáltica. Presenta discontinuidad a causa de las burbujas de aire. Además el diámetro de la boquilla es más adecuado para la masa panaria.</p>	 <p><b>Figura 19</b> Prueba 1</p>
------------------------	---	---

**Prueba 2**

Pieza: Circulo 60x60x3 mm

Velocidad del extrusor: 44%

Trazo del alimento: Discontinuo y Flujo muy lento

Capa primera: 3 mm

Capas continuas: 3 mm

Comentarios: Impresión muy lenta debido a que la bomba peristáltica no tiene más potencia para conseguir acelerar el flujo de la masa. Siguen habiendo burbujas de aire. Sin embargo, se consigue una primera capa de precocinado debido a la lentitud de impresión.



**Figura 20 Prueba 2**

**Prueba 3**

Pieza: Pentágono 80 mm Diámetro interior

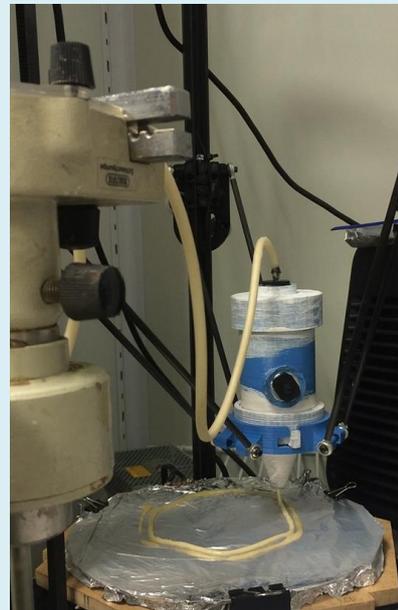
Velocidad del extrusor: 65%

Trazo del alimento: Continuo y lento.

Capa primera: 3 mm

Capas continuas: 3 mm

Comentarios: Aunque la velocidad de impresión es aún muy lenta se consigue un flujo constante y más limpio. También se consigue con la ayuda del calefactor y de la cama caliente un estado de precocinado.



**Figura 21 Prueba 3**

#### Prueba 4

Pieza: Triángulo 80x80x4 mm

Velocidad del extrusor: 60 %

Trazo del alimento: Continuo y de velocidad media

Capa primera: 3 mm

Capas continuas: 3 mm

Comentarios: Se consigue un trazo casi perfecto aunque falla la velocidad del flujo debido a la falta de potencia de la bomba peristáltica. Sin embargo, sí que se consigue un resultado de precocinado.



Figura 22 Prueba 4



Tabla 20 Ensayos 3D realizados

## 7.5 Resultados

En primer lugar, se ha podido comprobar que el sistema diseñado de este primer prototipo funciona. Seguidamente se ha podido examinar que la velocidad y la salida de la boquilla son importantes para la configuración del extrusor.

En las primeras pruebas, la velocidad estaba muy baja y el flujo no se podía controlar. Además la boquilla que presenta el extrusor es la ideal para la masa panaria, ya que para la masa de bizcocho convendría mejor una boquilla más pequeña. A pesar de ello, tras realizar varios experimentos, se ha conseguido estabilizar el flujo el cual está relacionado con la temperatura ambiente y la velocidad de movimiento de la impresora. También se debe de notificar que al tener que trabajar con una boquilla de 3 mm la definición de la figura que se imprime es muy baja. La altura de las capas deben ser bastante gruesas, por compensación de la anchura de la boquilla. Se anuló el parámetro de retracción, que dificultaba al sistema un buen funcionamiento e impedía una continuidad del trazo y se realizó una separación excesiva para poder analizar el tipo de trazo que se obtenía. Igualmente se debe de reducir la altura del tubo interno, el cual almacena la masa, para así reducir el peso del extrusor y ganar estabilidad.

No obstante, el dato más significativo relevado en estas pruebas es la necesidad de un mejoramiento en la mecánica. Es decir, se requieren componentes más potentes para poder trabajar con alimentos que presentan las siguientes viscosidades.

## 8. Presupuesto del prototipo

Para la fabricación del prototipo se usa una impresora 3D y las piezas no imprimibles se encargan a un proveedor, *BCNDynamics* [54]. El coste de las piezas impresas viene descrito en la siguiente *tabla21*.

<b>Pieza</b>	<b>Cantidad</b>	<b>€/h</b>	<b>Horas</b>	<b>Total €</b>
<i>Cuerpo</i>	1	10	13:47	137.83
<i>Soporte</i>	1	10	4:24	44
<i>Tapa inferior</i>	1	10	12	120
<i>Tapa superior</i>	1	10	3:55	39.16
<b>Total</b>			<b>34:6</b>	<b>340,99</b>

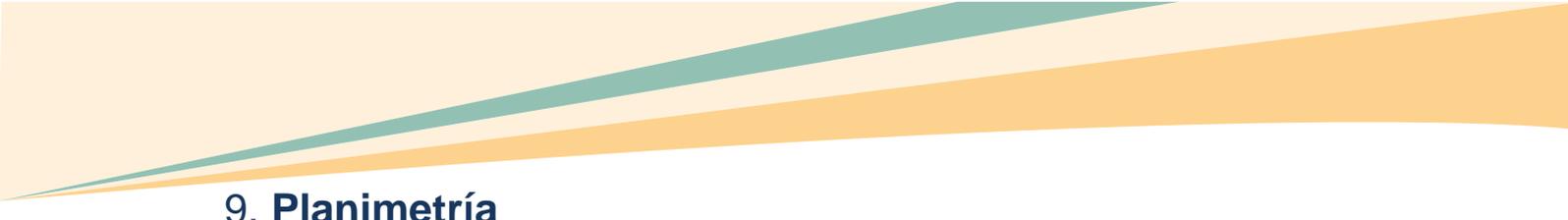
Tabla 21 Presupuesto de las piezas impresas por FabLab

Seguidamente se halla en la *tabla 22* el presupuesto de las piezas adquiridas por *BCNDynamics*.

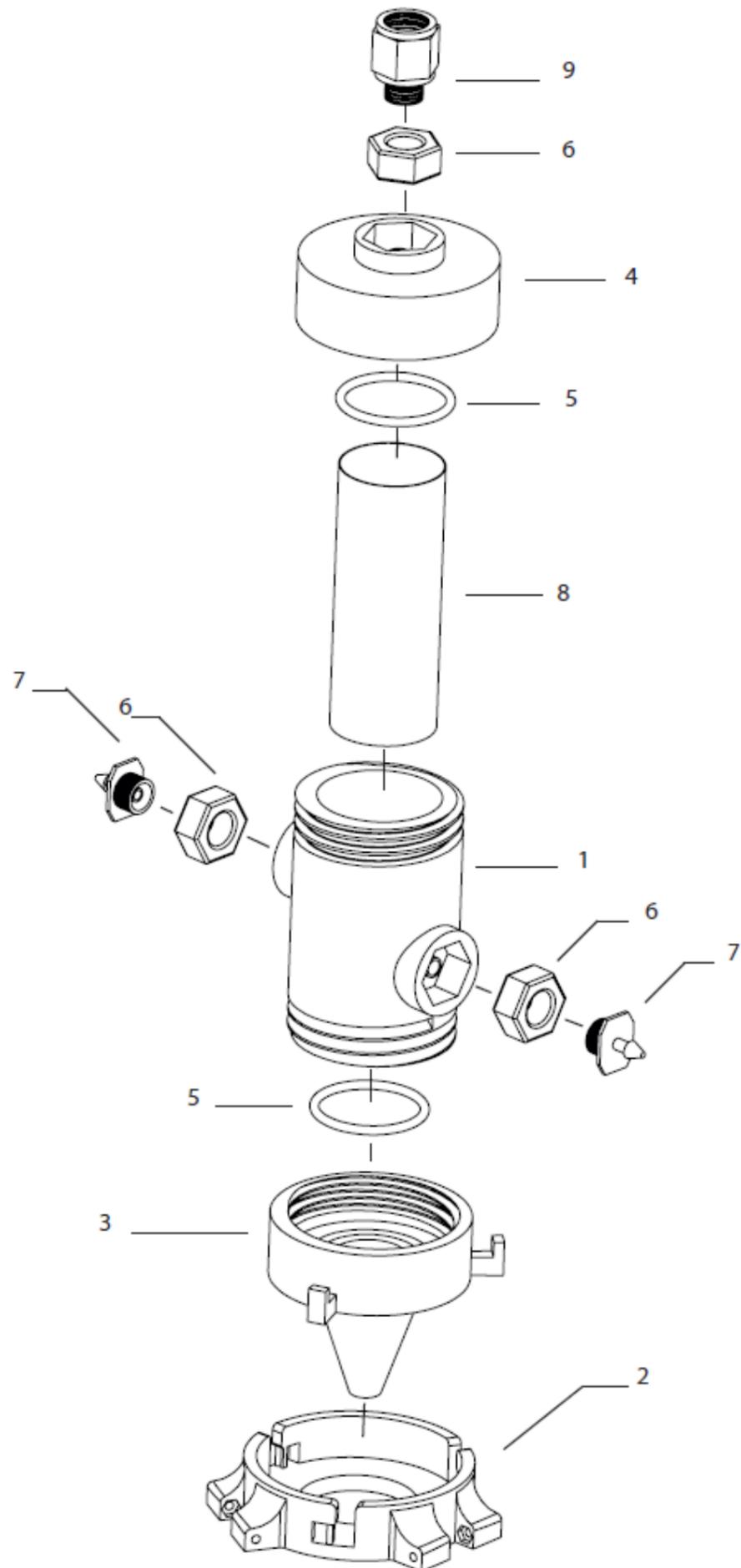
<b>Pieza</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>€</b>	<b>Total</b>
<i>Gotero</i>	16937263	3	0.26	0.78
<i>Tuerca M3</i>	HW300110	6	0.04	0,24
<i>Tornillo M3x20</i>	HW300030	6	0.05	0,3
<i>Tuerca M12</i>	HW500080	3	0.09	0,27
<i>Enganche Macho</i> <i>Hembra</i>	16982091	1	3.15	3.15
<b>Total</b>				<b>4.74</b>

Tabla 22 Presupuesto BCNDynamics

Fabricar el prototipo cuesta 345.73€, como se puede observar lo más caro es imprimir las piezas.

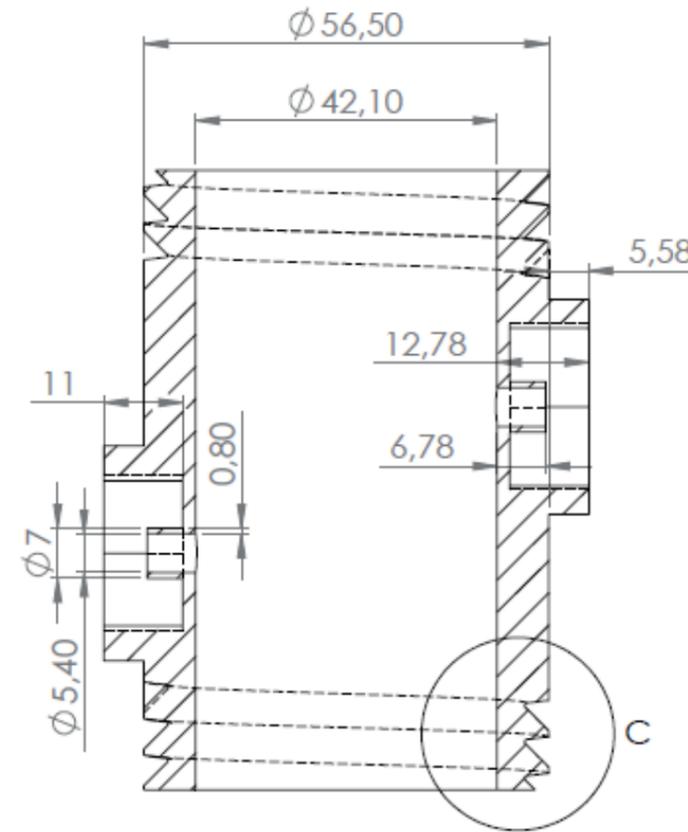
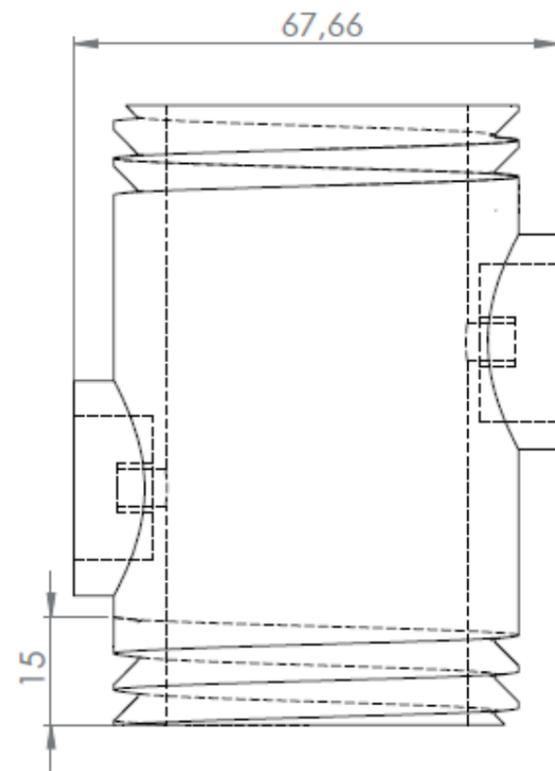
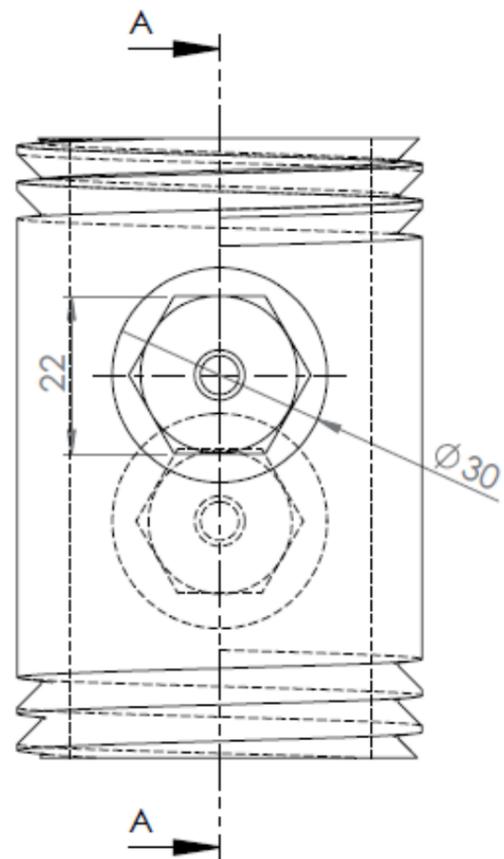


## 9. Planimetría

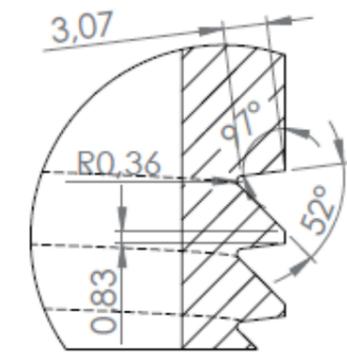


9	1	Reducción Macho - Hembra		ISO 228 - 1
8	1	Tubo Interno	6	
7	2	Gotero		REF 16937263
6	3	Tuerca M12		DIN 934
5	2	Soleta		REF 15659413
4	1	Tapa Superior	4	
3	1	Tapa Inferior	3	
2	1	Soporte Extrusor	5	
1	1	Cuerpo	2	
Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones	Plano	Norma

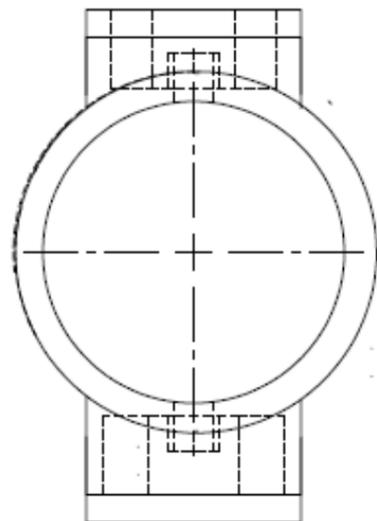
	Fecha	Nombre	Autor	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA</b>
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala 1:2	Conjunto extrusor			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano 1				



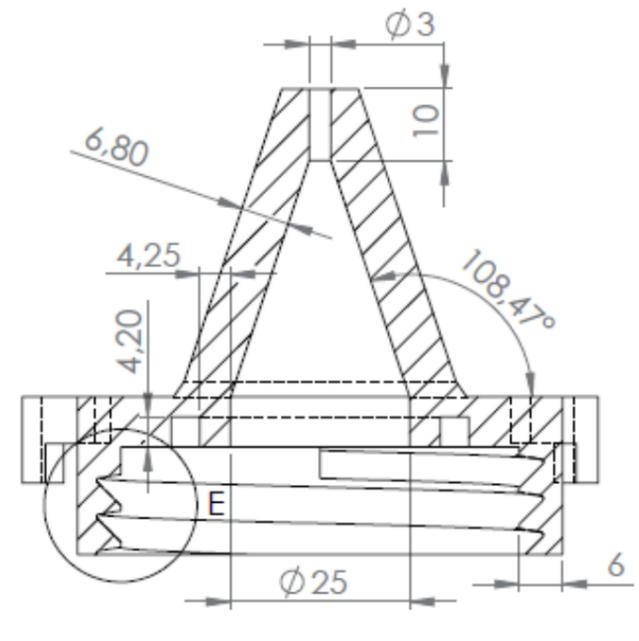
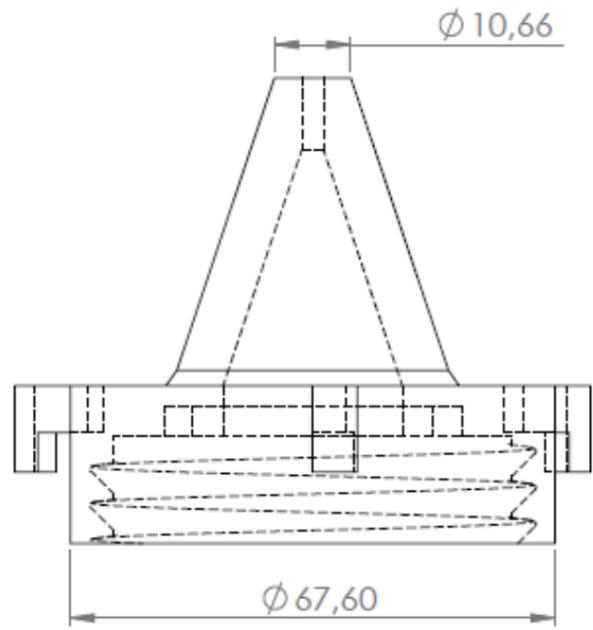
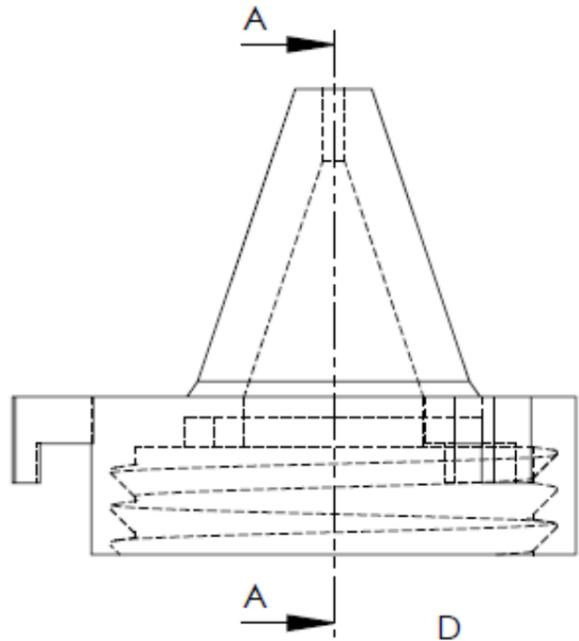
SECCIÓN A-A



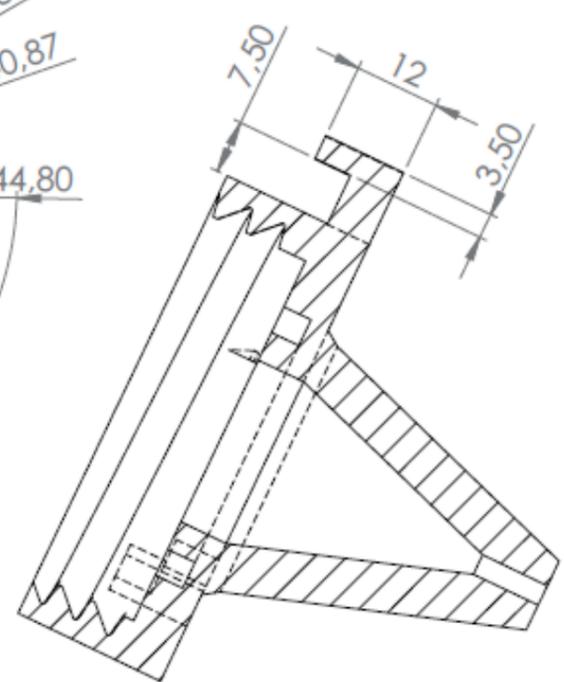
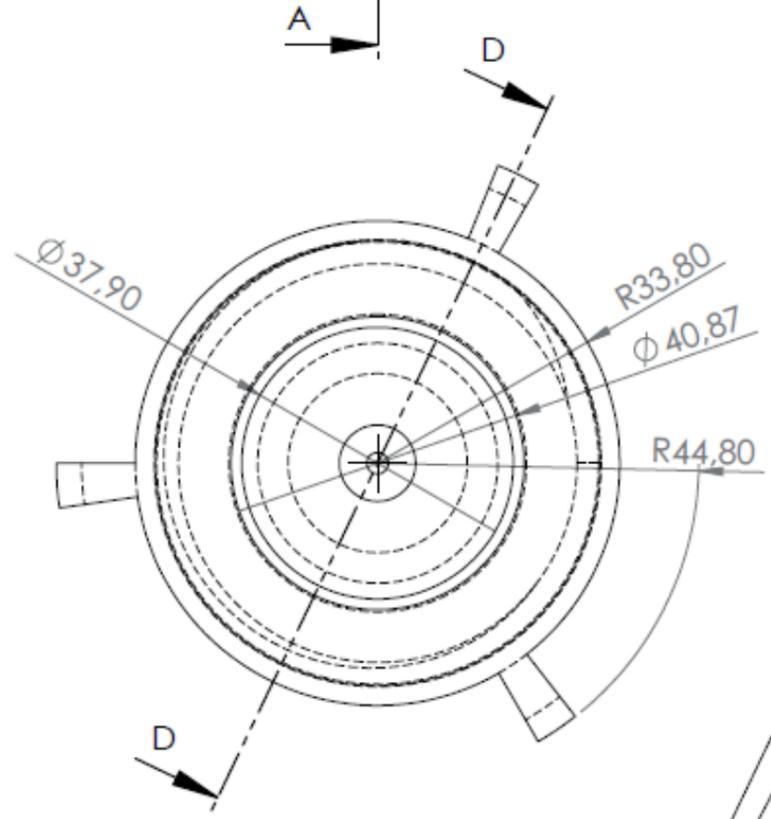
DETALLE C  
ESCALA 2 : 1



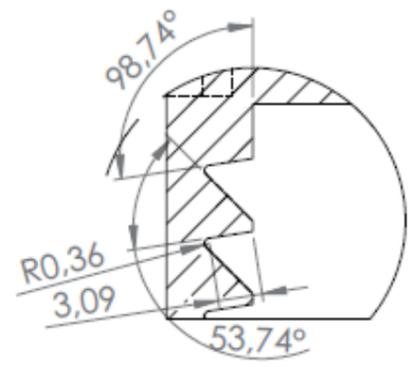
	Fecha	Nombre	Autor		
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán			
Escala 1:1	Cuerpo			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
Plano 2					



SECCIÓN A-A

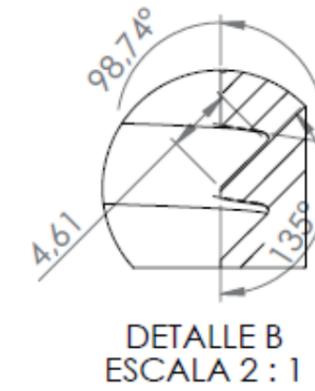
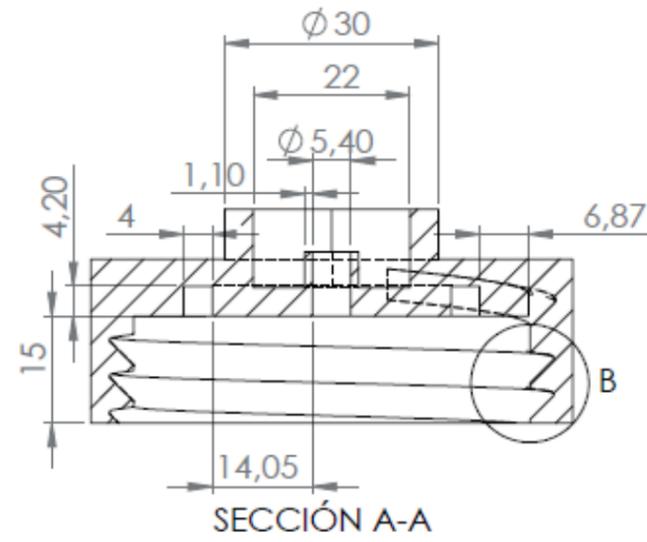
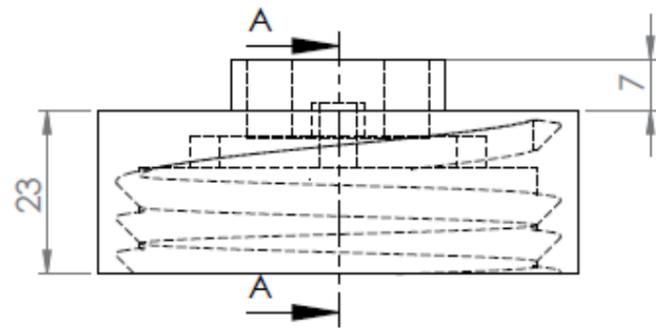


SECCIÓN D-D

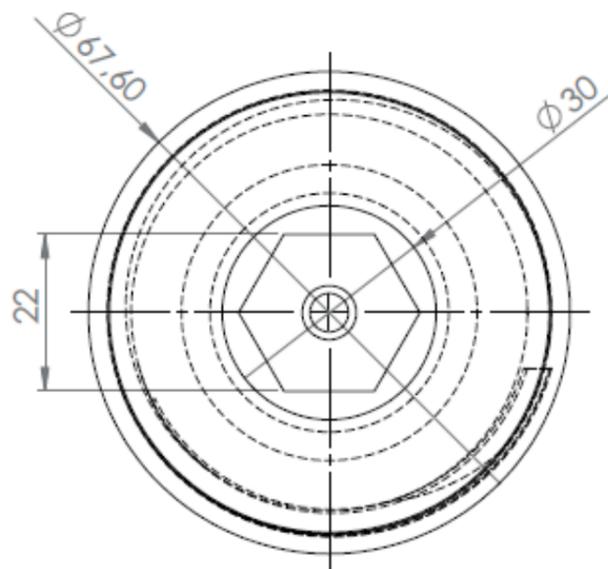


DETALLE E  
ESCALA 2 : 1

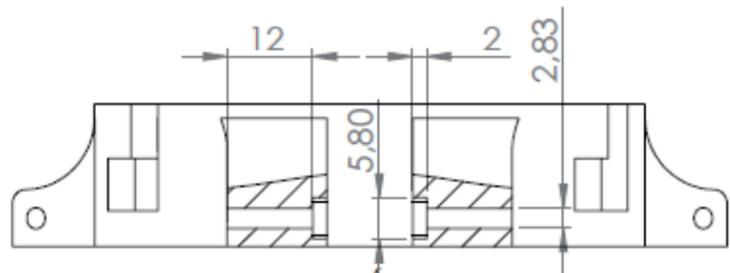
	Fecha	Nombre	Autor	 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala 1:1	Tapa Inferior			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano 3				



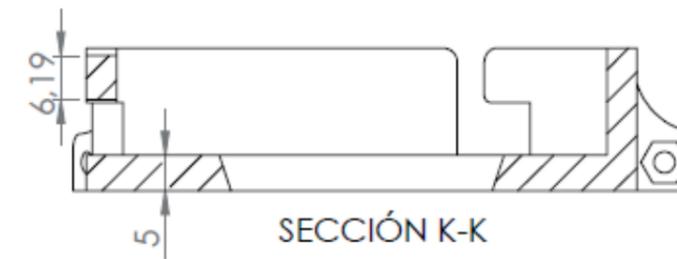
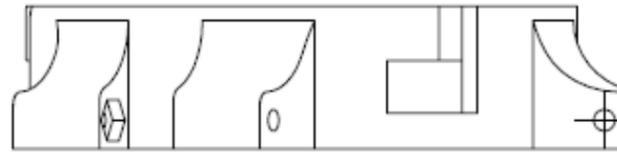
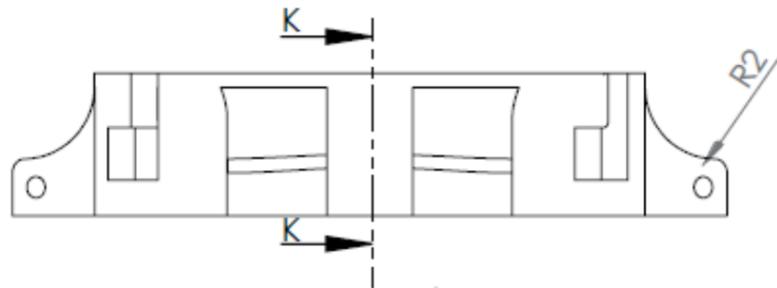
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



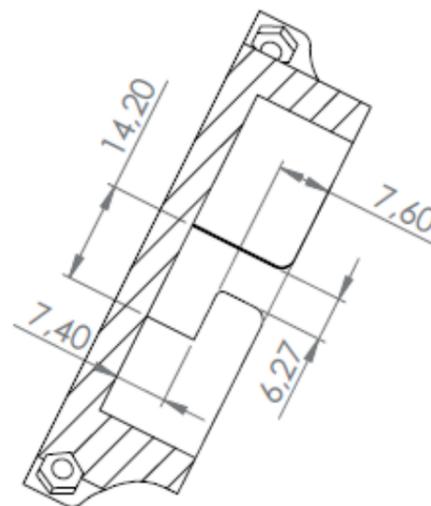
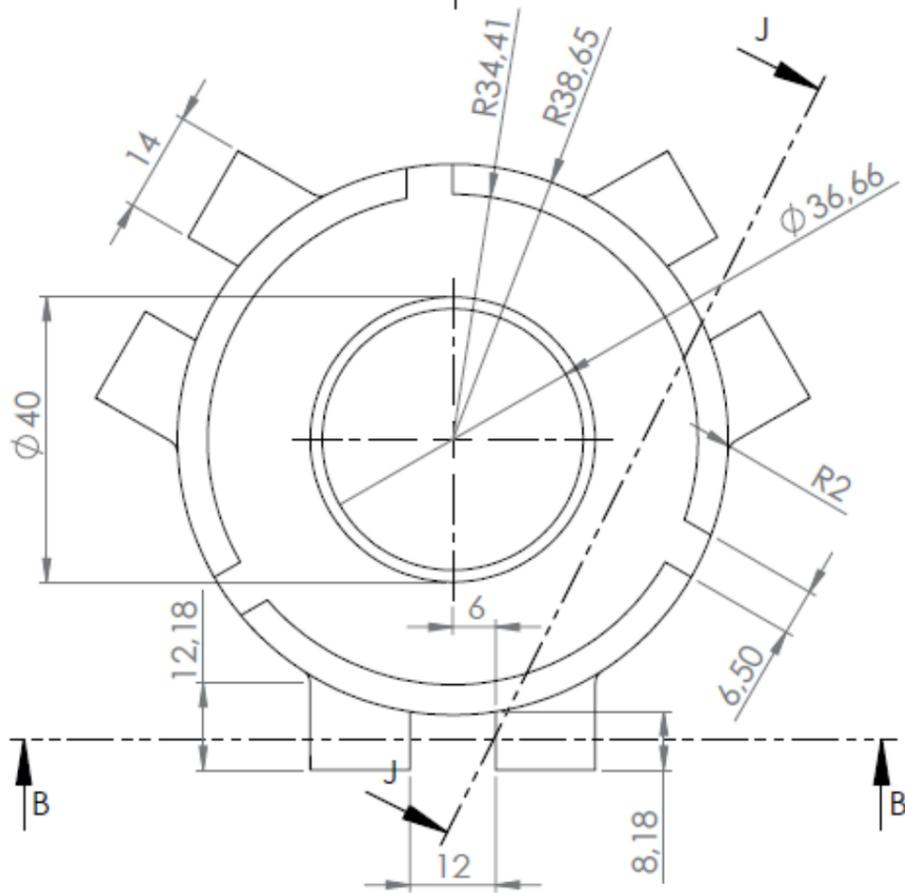
	Fecha	Nombre	<b>Autor</b>	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA</b>
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala <b>1:1</b>	<b>Tapa Superior</b>			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano 4				



SECCIÓN B-B

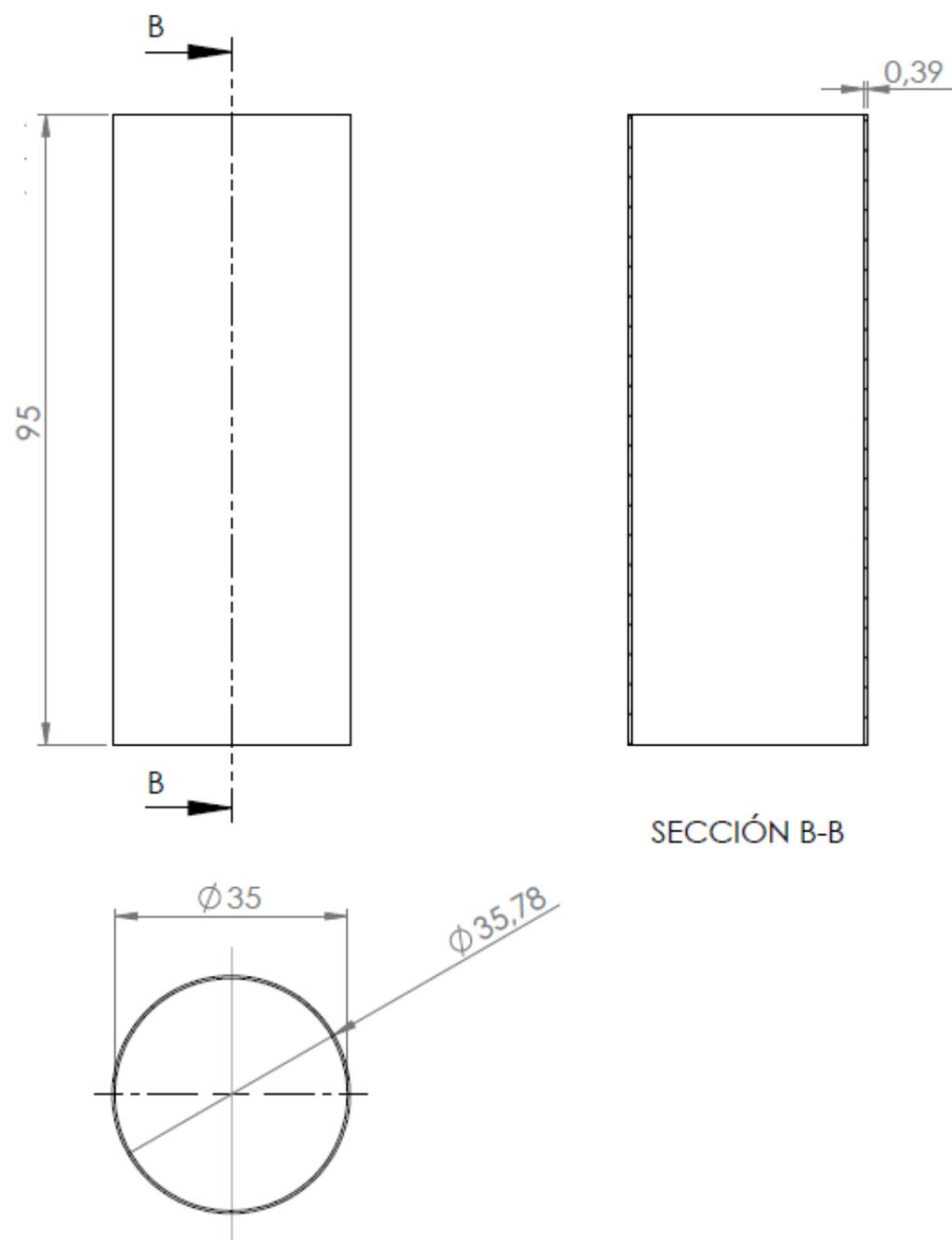


SECCIÓN K-K



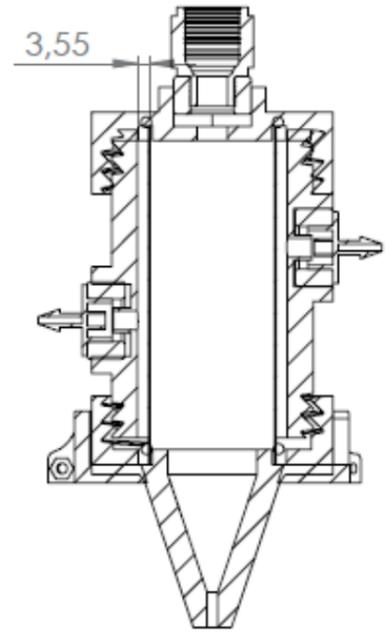
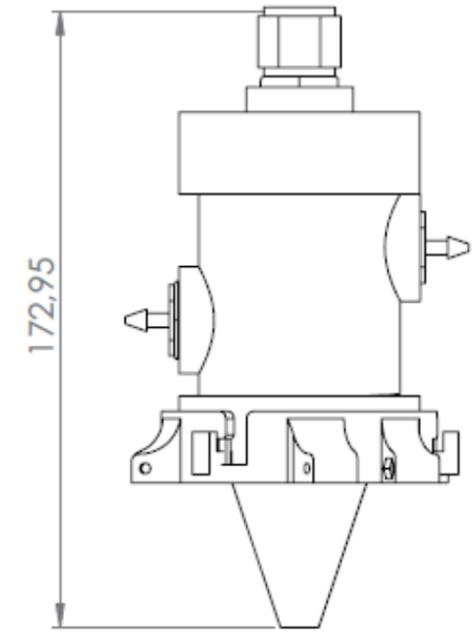
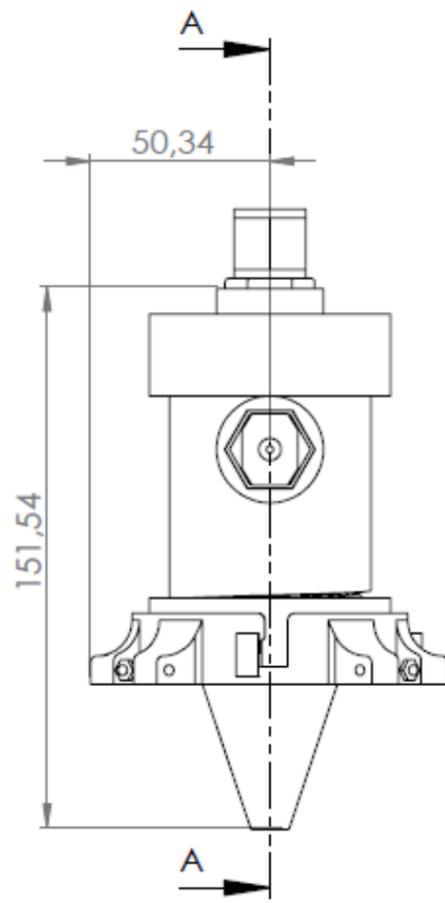
SECCIÓN J-J

	Fecha	Nombre	Autor	 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala	Soporte Extrusor			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano				
5	mm			

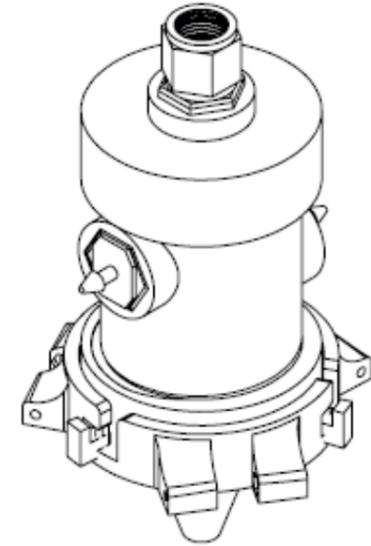
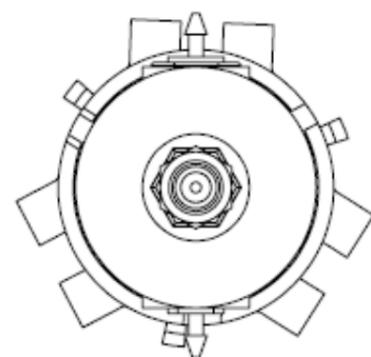


SECCIÓN B-B

	Fecha	Nombre	<b>Autor</b>	 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala 1:1	Tubo Interno			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano 6				



SECCIÓN A-A



	Fecha	Nombre	<b>Autor</b>	 <b>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA</b>
Dibujado	08/09/2016	Verane Carmona	Verane J. Carmona Reverte	
Comprobado	09/09/2016	M. Torán		
Escala	<b>Ensamblaje</b>			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Plano				

## 10. Propuesta Futura

Como propuesta futura para el avance del proyecto, se han planteado distintas posibilidades de mejoramiento de los componentes del extrusor y se adapte fácilmente a las propiedades de las masas, y a las dificultades halladas durante las pruebas.

- Añadir un paso intermedio entre la bomba peristáltica y el extrusor, es decir, incluir un recipiente para acumular a la masa donde su salida está controlada por una bomba de presión.
- Añadir un tornillo sin fin que ayude a circulación de la masa panaria. Aunque se debe de comentar que una bomba peristáltica muy potente puede ser más eficaz que un tornillo sin fin. También cabe recalcar, que el uso de tanta presión puede provocar costras en las paredes del extrusor. Por lo que el uso de un tornillo sin fin permite mantener las paredes limpiar obligando un constante movimiento.
- Reducir la altura del tubo interno y por lo tanto la altura general del extrusor. Se conseguirá reducir el peso del extrusor y mejorar la estabilidad.
- Cuando se añada el sistema de secado adecuado, proceder al mecanizado del extrusor empleado acero inoxidable para trabajar con alimentos. Al mecanizar se conseguirá reducir el peso, el volumen y la resistencia térmica del extrusor.

## 11. Bibliografía.

- [1] FayerWayer: Los 7 usos más innovadores de las impresoras 3D [en línea]. Juan Pablo Oyanedel, [26 Julio 2013]. [Consulta 30 agosto 2014] Disponible en: <http://fortunaweb.com.ar/2014-04-06-136425-las-impresoras-3d-ya-se-usan-en-el-pais-para-crear-protesis-a-medida/>
- [2] Wikipedia: the free encyclopedia. Proyecto RepRap [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 18 agosto 2014] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto\\_RepRap](https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_RepRap)
- [3] Comohacer: Comparativa de impresoras 3D domésticas, ¿cuál comprar? [en línea]. Alberto Navarro, [14 Octubre 2014]. [Consulta 30 Noviembre 2014] Disponible en: <http://comohacer.eu/comparativa-impresoras-3d/>
- [4] Zoran, A., & Coelho, M. (2011). Cornucopia: the concept of digital gastronomy. Leonardo, 44(5), 425-431. [Consultado 3 Septiembre 2014]
- [5] Electrolux (2009). Interview with Nico Kläber (Moléculaire) Electrolux Design Lab finalist. [Disponible Diciembre 2014] Disponible en: <http://group.electrolux.com/en/interview-with-nico-klaber-moleculaire-electrolux-design-lab-finalist-2040/> [Consulta 28 Febrero 2015]
- [6] Philips Design. (2010). New design probe explores the future of food. [22 marzo 2010] Disponible en: [www.design.philips.com/philips/sites/philipsdesign/about/design/designnews/pressreleases/food\\_probes.page](http://www.design.philips.com/philips/sites/philipsdesign/about/design/designnews/pressreleases/food_probes.page). [Consulta en 2 septiembre 2014]
- [7] Impresoras3D: Tipos de impresoras 3D. [en línea]. Miguel Angel Villar Alarcón. [24 octubre 2014] [Consulta 12 Noviembre 2014] Disponible en: <http://impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>
- [8] Wikipedia: the free encyclopedia. Diagrama de afinidad [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 18 agosto 2014] Disponible en : [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_afinidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_afinidad)
- [9] Natural Machine: Foodini [en línea]. [Consulta 15 Octubre 2014] Disponible en: <https://www.naturalmachines.com/>
- [10] Theimaginemachine. Imagine Printer [Consulta 15 Octubre 2014] Disponible en: <http://theimaginemachine.com/es/store/product/1-imagine-3d-printer>

- [11] 3dprinting.Essential Dynamics'3D chocolate printer [Consulta 15 Octubre 2014] Robert Dehue. [25 enero 2012] Disponible en: <http://3dprinting.com/3dprinters/essential-dynamics-3d-chocolate-printer/>
- [12] CandyFab.CandyFab Project [Consulta 15 Octubre 2014] Evil Mad Scientist Laboratories. Disponible en: <http://candyfab.org/>
- [13] Robotsingastronomy [Consulta 3 Diciembre 2014]. Disponible en: <http://robotsingastronomy.com/>
- [14] 3dprint.More Ice Cream! FoodForm shows off 3D printer that can print ice cream more precise than ever.Eddie Krassenstein [30 julio 2014] [Consulta 15 Octubre 2014]. Disponible en: <http://3dprint.com/10702/3d-printing-ice-cream-foodform/>
- [15] Imprimalia3D. 3D Systems [6 enero 2014] [Consulta 21 Octubre 2014]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/services/chefjet>
- [16] Imprimalia3D. 3D Systems [6 enero 2014] [Consulta 21 Octubre 2014]. Disponible en: <http://www.imprimalia3d.com/services/chefjet-pro>
- [17] Kickstarter. Pancakebot [6 marzo 2015] [Consulta 16 mayo 2015]. Disponible en: <https://www.kickstarter.com/projects/1853707494/pancakebot-the-worlds-first-pancake-printer?lang=es>
- [18] TNO [Consulta 19 septiembre 2014]. Disponible en: <https://www.tno.nl/en/>
- [19] Chocedge [2013] [Consulta 1 marzo 2015]. Disponible en: <http://chocedge.com/>
- [20] 3dventures. Candy [2015] [Consulta 11 abril 2015]. Disponible en: <http://3dventures.co/>
- [21] Zincshower. Exfood [24 mayo 2014] José Salinas Osorio & Roque Peña Pidal [Consulta 7 septiembre 2014]. Disponible en: <http://zincshower.com/programacion/exfood/>
- [22] Systemsandmaterials. 3D printed food. Exfood [2014] Anjan Contractor [Consulta 12 junio 2015]. Disponible en: <http://systemsandmaterials.com/technologies/3d-printed-food/>
- [23] Bocusini. [2015] [Consulta 12 junio 2015]. Disponible en: <http://www.bocusini.com/>
- [24] Foodjet. [2012] [Consulta 12 junio 2015]. Disponible en: <http://foodjet.nl/>
- [25] Zmorph3d. Zmorph [2011] [Consulta 19 Marzo 2015]. Disponible en: <http://zmorph3d.com/3d-printers/>
- [26] Fastcodesign. Burritobot [19 junio 2012] Marko Manriquez [Consulta 22 Marzo 2015]. Disponible en: <http://www.fastcodesign.com/1670070/burritobot-a-3-d-printer-that-spits-out-burritos>

- [27]3dbyflow. By flow [2014] [Consulta 22 Marzo 2015]. Disponible en: <http://www.3dbyflow.com/about>
- [28]BCN3dtechnologies. BCN3D+ [2013] [Consulta 18 abril 2015]. Disponible en: <http://www.bcn3dtechnologies.com/es/catalog/bcn3d>
- [29] 20minutos:¿Qué robot de cocina me compro? Comparemos los mejores del mercado. [en línea]. Carolina Denia y Juan Castromil, [17 Diciembre 2014]. [Consulta 2 mayo 2015] Disponible en: <http://blogs.20minutos.es/la-gulateca/2014/12/17/que-robot-de-cocina-me-compro-comparamos-los-mejores-del-mercado/>
- [30]Thermomix. Thermomix [Consulta 2 mayo 2015]. Disponible en: <http://thermomix.vorwerk.es/home/>
- [31]Cuisinecompanion. Moulinex [2015] [Consulta 2 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.cuisinecompanion.moulinex.es/>
- [32]Supercook. Supercook [Consulta 2 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.supercook.me/es/supercook/articles/sc110/>
- [33]Biozoon [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://biozoon.de/>
- [34]Perfomance [2011] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.performance-fp7.eu/>
- [35]Motherchildnutrition. RUF [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://motherchildnutrition.org/malnutrition-management/info/rutf-plumpy-nut.html>
- [36]Mananutrition. RUFT [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://mananutrition.org/what-is-mana-whats-rutf>
- [37]fitnasio. Los grandes [2015] H. Yehyawi Edad [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.fitnasio.com/articulos/4-suplementos/22-los-3-grandes-por-que-el-suero-la-creatina-y-la-glutamina-son-vitales-para-tu-exito.html>
- [38]Meritene [2014] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.meritene.es/>
- [39]Font Active Forte [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.ordesa.es/fontactiv/>
- [40]Multicentrum [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://multicentrum.es/>
- [41]Pharmaton [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: [www.pharmaton.es](http://www.pharmaton.es)
- [42]Saludbayer. Supradyn [2015] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://salud.bayer.es/es/parafarmacia/complementos-alimenticios/supradyn/>

**[43]** Wikipedia: the free encyclopedia. Bomba peristáltica [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 15 enero 2015] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_perist%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_perist%C3%A1tica)

**[44]** Coleparmer. Reducing pulsation in peristaltic pumping systems [Consulta 15 enero 2015]. Disponible en: [http://www.coleparmer.com.cn/en/techinfo/techinfo.asp?openlist=D,E,C,A,A1,A3,B,D1,D5,D6,D7&htmlfile=ppumpsreduc\\_WP.htm&Title=Reducing+Pulsation+in+Peristaltic+Pumping+Systems](http://www.coleparmer.com.cn/en/techinfo/techinfo.asp?openlist=D,E,C,A,A1,A3,B,D1,D5,D6,D7&htmlfile=ppumpsreduc_WP.htm&Title=Reducing+Pulsation+in+Peristaltic+Pumping+Systems)

**[45]** Wikipedia: the free encyclopedia Tornillo sin fin [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 15 enero 2015] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo\\_sin\\_fin](https://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_sin_fin)

**[46]** PharmatonThingiverse. Zmorph chocolate extruder [22 diciembre 2013] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: [http://thingiverse-production-new.s3.amazonaws.com/renders/86/fa/80/b4/20/chocolate\\_preview\\_featured.jpg](http://thingiverse-production-new.s3.amazonaws.com/renders/86/fa/80/b4/20/chocolate_preview_featured.jpg)

**[47]** Wikipedia: the free encyclopedia. Jeringa [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 15 enero 2015] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Jeringa>

**[48]** Fundaciocim. [13 noviembre 2014] [Consulta 25 mayo 2015]. Disponible en: <http://ww2.fundaciocim.org/sites/default/files/styles/large/public/12-11-2014%2016-48-31.png?itok=o1Q3lyWo>

**[49]** Reprapbcn. BCN3D+ [14 octubre 2013] [Consulta 20 agosto 2015]. Disponible en: [https://reprapbcn.files.wordpress.com/2013/09/bcn3d-img\\_3864.jpg?w=450&h=300](https://reprapbcn.files.wordpress.com/2013/09/bcn3d-img_3864.jpg?w=450&h=300)

**[50]** Wikipedia: the free encyclopedia Prusa i3 [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 28 junio 2015] Disponible en: [http://reprap.org/wiki/Prusa\\_i3\\_Hephestos/es](http://reprap.org/wiki/Prusa_i3_Hephestos/es)

**[51]** Wikipedia: the free encyclopedia Arduino [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 12 julio 2015] Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

**[52]** Wikipedia: the free encyclopedia Firmware [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 12 julio 2015] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Firmware>

- [53] Thingiverse. Makerbot Thingiverse – Universal paste extruder [1 enero 2014]. Alexspeller. [Consulta: 28 junio 2015] Disponible en: <http://www.thingiverse.com/thing:217044>
- [54] BCNDynamics [2011]. [Consulta: 25 julio 2015] Disponible en: <http://bcndynamics.com/es>
- [55] Wikipedia: the free encyclopedia. RepRap glosario. [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc. 2001. [Consulta 02 de agosto 2015] Disponible en: [http://www.reprap.org/wiki/Clone\\_wars:\\_Glosario/es#Extrusor](http://www.reprap.org/wiki/Clone_wars:_Glosario/es#Extrusor)
- [56] Beehex. Beehex Let's make it. [2016] [Consulta 20 de agosto 2016] Disponible en: <http://beehex.com/>
- [57] Crunchbase. Beehex. [2016] [Consulta 20 de agosto 2016] Disponible en: <https://www.crunchbase.com/organization/beehex-inc#/entity>
- [58] Technisider. This robot can 3D-print a pizza in under five minutes. Leanna Garfield. [12 de junio 2016] [Consulta en 21 de agosto 2016] Disponible en: <http://www.techinsider.io/how-the-beehex-pizza-3d-printer-works-2016-6/#the-beehex-can-produce-any-type-of-pizza-in-any-shape-french-says-like-most-3d-printers-it-hooks-up-to-a-computer-that-tells-it-which-dough-sauce-and-cheese-to-use-1>
- [59] Beehex, Inc. 3D Printing. [5 abril 2016]. Beehex 3D Food Printer at SXSW 2016. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=HsCwd4ABM5U>
- [60] Columbia Engineering. Dinner in 3D. Holly Evarts. [18 julio 2016] [Consultado: 21 de agosto 2016] Disponible en: <http://engineering.columbia.edu/news/hod-lipson-3d-food-printing>
- [61] Columbia Engineering. [9 junio 2016] Hod Lipson: Digital food. Disponible en: <http://engineering.columbia.edu/news/hod-lipson-3d-food-printing>
- [62] Juguetrónica. Imprimir comida en 3D, ¡Qué aproveche!. [2016] [Consultado: 5 mayo 2016] Disponible en: <http://www.juguetronica.com/blog/imprimir-comida-en-3d-que-aproveche/>
- [63] Wikipedia: reprap kossel [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc. 2001. [Consulta 12 julio 2016] Disponible en: <http://reprap.org/wiki/Kossel>
- [64] Cuq, B.; Abecassis, J.; Guilbert, S. 2003. State diagrams to help describe wheat bread processing. *International journal of food science & technology*, **38(7)**: 759-766

- [65] Ramos, A.M.; Ibarz, A. 2006. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles. *Food Science and Technology*, **26(1)**: 214-219.
- [66] Rao, A. 2014. Rheology of fluid, Semisolid, and Solid Foods: Principles and Applications. Springer Science & Business Media, LLC, Nueva York, E.E.U.U.
- [67] Wenzheng, C.; Yuhvang, Y.; Zhizhang, C. 1999. Microwave Drying of Foods with High Humidity. *Microwave and Optical Tech.Letters*, 22(3):205-207. 8
- [68] Phan-Thien, N.; & Safari-Ardi, M. 1998. Linear viscoelastic properties of flour–water doughs at different water concentrations. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, **74(1)**: 137-150.
- [69] Wikipedia: Fluido no newtoniano [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 5 julio 2016] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Fluido\\_no\\_newtoniano](https://es.wikipedia.org/wiki/Fluido_no_newtoniano)
- [70] Wikipedia: Fluido newtoniano [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 5 julio 2016] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Fluido\\_newtoniano](https://es.wikipedia.org/wiki/Fluido_newtoniano)
- [71] Wikipedia: Viscoelasticidad [Wiki en Internet]. St. Petersburg (FL): Wikimedia Foundation, Inc.2001. [Consulta 5 julio 2016] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Viscoelasticidad>

## 12. Anexos

### 12.1 Anexo 1. Glosario

Para la fácil comprensión del ámbito de la impresión en 3D se explican los siguientes conceptos claves empleados en la memoria [55].

**Arduino:** Es una placa de circuito para la realización de prototipos basada en hardware libre.

**Boquilla:** Es una parte del extrusor, que se sitúa en el extremo inferior y tiene forma cónica. Tiene un agujero pequeño que determina el diámetro de solución extruida.

**Código G ó .gcode:** Es el lenguaje estándar para las máquinas CNC (Control Numérico por Computadora) y que también comparten las RepRap. Es lo que se manda a la impresora para que esta realice los movimientos necesarios e imprima las piezas.

**Extrusor:** Mecanismo que se encarga de extruir el filamento. Se compone de un motor (paso a paso) que, mediante unos engranajes, fuerza al filamento o solución a fluir por la abertura de la boquilla.

**Firmware:** Es el programa que se instala en el microprocesador y permite la comunicación de la impresora con el ordenador. También controlan los procesos de la impresora.

**Open Hardware:** Se refiere a hardware libre (al igual que Open Software que es software libre), es decir, piezas de maquinaria, electrónica, mecánica que no están sujetas a un copyright, patente o registro de cualquier tipo sino por una licencia de uso, distribución y modificación libre.

**STL:** Es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como el color, texturas o propiedades físicas. (STereo Lithography)

**Solución:** Alimento empleado para imprimir.

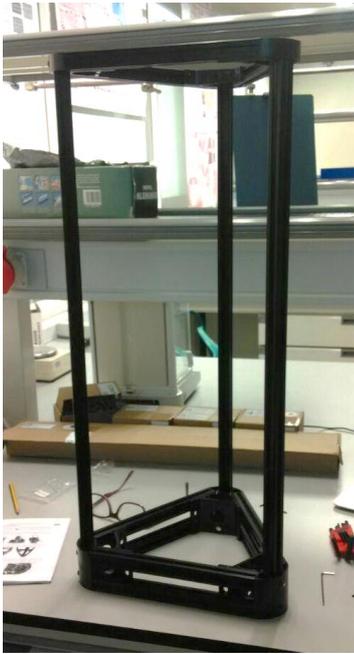
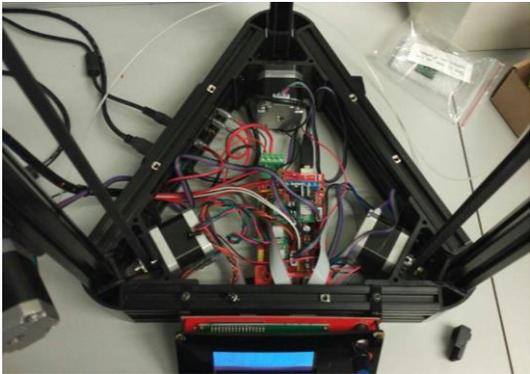
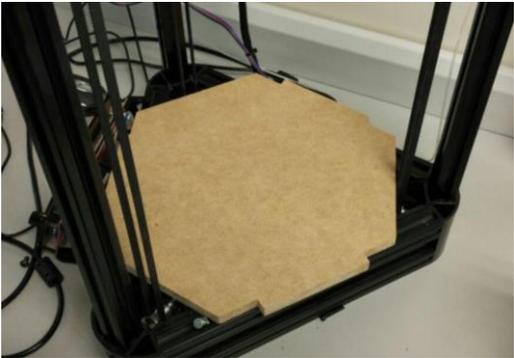
**RepRap:** Es un acrónimo que significa Replicating Rapid Prototyper, esto es, prototipador replicante rápido. Es un conjunto de impresoras 3D cuyas piezas en principio se pueden imprimir utilizando impresoras 3D.

**No newtoniano:** Es un fluido que presenta una viscosidad que varía con la temperatura y la tensión cortante que se le aplica.[69]

**Newtoniano:** Fluido cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo. Su velocidad de deformación es lineal. [70]

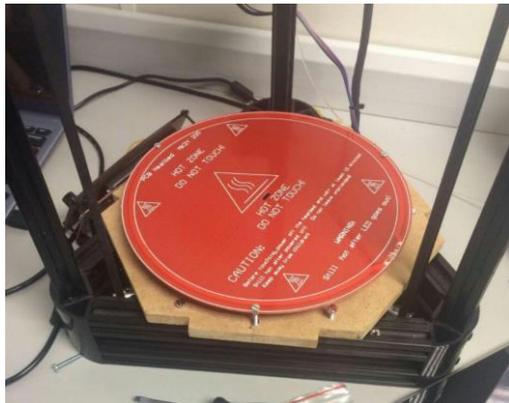
**Viscoelástico:** Comportamiento que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como elásticas. La deformación generalmente depende del tiempo.[71]

## 12.2 Anexo 2. Montaje de la impresora 3D

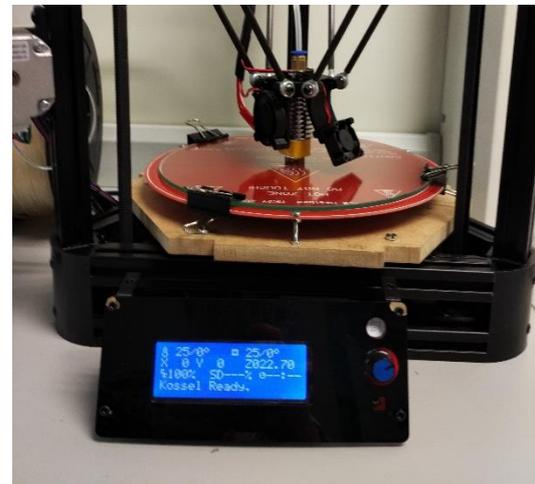
<p><b>PASO 1</b> - Ensamblaje de la estructura</p>	<p><b>PASO 2</b> - Montaje de los brazos y el extrusor</p>
	
<p><b>PASO 3</b> – Montaje de la electrónica de la impresora</p>	<p><b>PASO 4</b> – Diseño e implementación de un aislamiento para la electrónica para evitar que se dañe con las altas temperaturas del secado</p>
	

---

**PASO 5 – Montaje de la cama caliente**

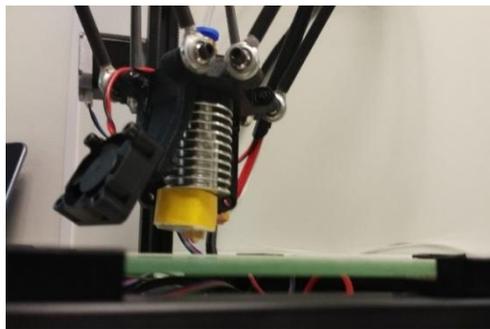


**PASO 6 – Puesta a punto de la cama caliente**



---

**PASO 7 – Calibración de la impresora**



**PASO 8 – Pruebas de impresión con PLA**



## 12.3 Anexo 3. Bombas Utilizadas

Nombre	Documentación gráfica
<p data-bbox="272 595 558 719"><b>Bomba MULTIFIX M80</b> Niels Machines©, Delft, Noruega</p>	 <p data-bbox="836 831 1106 864"><b>FIGURA 25 Prueba 1</b></p>
<p data-bbox="268 1122 560 1245"><b>BombaP-055</b> PLASTOQUÍMICA, S.L., Barcelona, España</p>	 <p data-bbox="836 1346 1106 1379"><b>FIGURA 26 Prueba 2</b></p>
<p data-bbox="288 1644 549 1767"><b>Bomba SBR15R</b> CompAir ©, Redditch, Inglaterra</p>	 <p data-bbox="823 1877 1125 1910"><b>FIGURA 2723 Prueba 3</b></p>

## 12.4 Anexo 4. Normativa

# Accesorios Roscados



- Tamaños de 1/16 a 1 pulgada
- Acero inoxidable 316, latón y acero al carbono
- NPT, ISO/BSP y SAE

## Contenido

**Manguitos** Página D-84



**Cruces** Página D-94



**Adaptadores, Juntas** Página D-86



**Tuercas de Unión** Página D-95



**Manguitos Reductor, Reductores** Página D-90



**Tapón Hembra** Página D-95



**Acoplamientos** Página D-91



**Tapón Macho** Página D-95



**Codos** Página D-92



**Tapón Hexagonal Hueco** Página D-95



**Tes** Página D-93



**Tapón de Cabeza Hexagonal** Página D-96



### Sellantes para roscas

Al ensamblar roscas cónicas, debe utilizar siempre un sellante para roscas. Hay disponible Pasta sellante para roscas anaeróbica SWAK™, pasta sellante para roscas SIN PTFE y cinta de PTFE Swagelok®.

Consulte el catálogo Swagelok *Detectores de fugas, Lubricantes y Sellantes*, en la página D-173 para ampliar la información.



## Información de pedido

Añada el indicador de material deseado a la referencia básica.

Ejemplo: **SS-2-CN**

Material	Indicador
Acero inoxidable 316	SS
Latón	B
Acero al carbono	S

- Racores de pared gruesa disponibles únicamente en acero inoxidable 316. La referencia básica para estos racores incluye el indicador del material.
- Los racores SAE/MS no están disponibles en latón.
- Para algunos materiales y configuraciones, pueden ser aplicadas cantidades mínimas.
- Para obtener información acerca de otros tamaños y aleaciones especiales, póngase en contacto con su Representante autorizado de ventas y servicio Swagelok.

## Materiales

### Normas de Materiales

Material	Barra	Forjado
Acero inoxidable 316	ASME SA479, ASTM A276	ASME SA182, ASTM A182
Latón	ASME B16, ASTM B453	ASTM B283
Acero al carbono	ASTM A108	—

### Recubrimiento

Para resistir la corrosión, todos los accesorios roscados de acero al carbono, son tratados con un baño de zinc galvanizado.

### Dimensiones

- Las dimensiones son como referencia únicamente y susceptibles de cambio.
- La cota E se refiere al diámetro interior mínimo.

### Limpieza

Para eliminar el aceite, la grasa y partículas sueltas, los componentes se someten a limpieza. Para ampliar la información, consulte el procedimiento Swagelok de *Limpieza y Embalaje Estándar (SC-01) MS-06-62S*.

## Presiones de servicio

Las presiones de servicio están basadas en el código ASME B31.3, Tubería de proceso, a temperatura ambiente.

Material	Valor de Esfuerzo Admisible
Acero inoxidable 316	1378 bar (20 000 psig)
Latón	689 bar (10 000 psig)
Acero al carbono	1378 bar (20 000 psig)

- Para determinar la presión de servicio según ASME B31.1, Tubería a presión:
  - acero al carbono—multiplicar por 0,85.
 Los valores para el acero inoxidable y el latón son los mismos.
- Para determinar MPa, multiplicar bar por 0,10.

## Temperatura de servicio

Las temperaturas del sistema pueden estar limitadas por el sellante de roscas o, de ser aplicable, el material de la junta tórica.

### Materiales de los Accesorios

Material	Temperatura máxima °C (°F)
Acero inoxidable 316	537 (1000)
Latón	204 (400)
Acero al carbono	190 (375)

### Materiales de las juntas planas y juntas tóricas

Componente	Material	Temperatura Máxima °C (°F)	Temperatura Mínima °C (°F)
Juntas RS	Buna N	110 (230)	-25 (-13)
	FKM Fluorocarbono	204 (400)	-15 (5)
Juntas RG, RP	Cobre	204 (400)	-198 (-325)
Juntas tóricas SAE	FKM Fluorocarbono	204 (400)	-28 (-20)

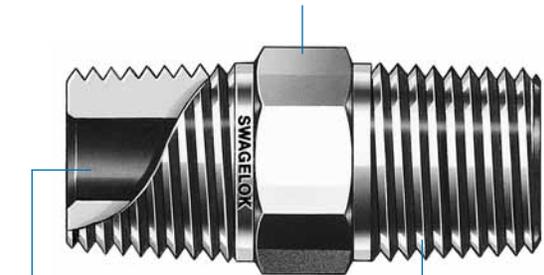
## Especificaciones de las roscas

Tipo de Rosca	Especificación
NPT	ASME B1.20.1, SAE AS71051
ISO/BSP (paralela) (según DIN 3852) (Racores Swagelok RP y RS)	ISO 228, JIS B 0202
ISO/BSP (cónica) (según DIN 3852) (Racores Swagelok RT)	ISO 7/1, BS EN 10226-1, JIS B 0203
ISO/BSP (manómetro) (Según EN 837-1 y 837-3) (Racores Swagelok RG)	ISO 228, JIS B 0202
Unificada (SAE) (Racores Swagelok ST)	ASME B1.1

## Características

- Todos los accesorios tienen un aspecto de gran calidad.
- Cada accesorio está marcado con el nombre del fabricante para facilitar la identificación de su origen.
- Las roscas macho están protegidas para asegurar su integridad.

Para aumentar la resistencia, los racores rectos están fabricados de barra de calidad.

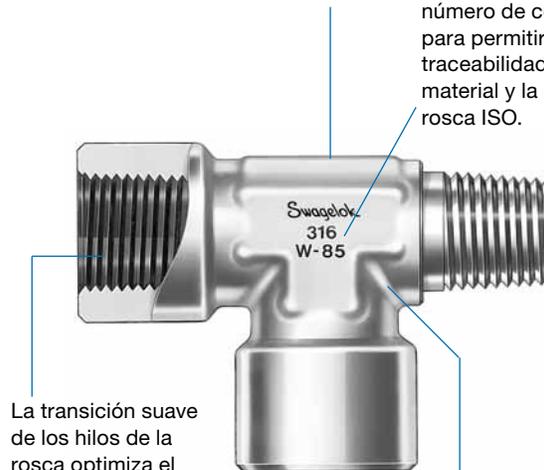


Superficies internas sin rebabas.

Las roscas NPT cumplen los requisitos de ASME B1.20.1 y SAE AS71051.

Los accesorios con forma son forjados.

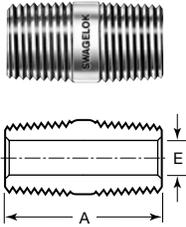
Las marcas identifican el material, el número de colada para permitir la trazabilidad del material y la conexión rosca ISO.



La transición suave de los hilos de la rosca optimiza el cierre y reduce la posibilidad de gripado.

Los ángulos de los codos, tes y cruces son estrictamente controlados para obtener una configuración precisa de la tubería.

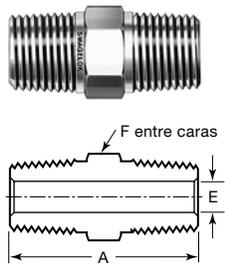
### Manguitos Compactos



#### Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)		Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-CN	19,1 (0,75)	4,8 (0,19)	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	-4-CN	28,4 (1,12)	7,1 (0,28)	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	-6-CN	28,4 (1,12)	9,6 (0,38)	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	-8-CN	38,1 (1,50)	11,9 (0,47)	530 (7 700)	261 (3800)
3/4	-12-CN	38,1 (1,50)	15,7 (0,62)	502 (7 300)	248 (3600)
1	-16-CN	47,8 (1,88)	22,4 (0,88)	365 (5 300)	179 (2600)

### Manguitos Hexagonales



#### Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/16	-1-HN	25,6 (1,01)	3,0 (0,12)	5/16	757 (11 000)	378 (5500)
1/8	-2-HN	25,6 (1,01)	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	-4-HN	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	-6-HN	36,3 (1,43)	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	-8-HN	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3800)
3/4	-12-HN	46,7 (1,84)	15,7 (0,62)	1 1/16	502 (7 300)	248 (3600)
1	-16-HN	58,9 (2,32)	22,4 (0,88)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2600)
<b>Macho NPT de Pared Gruesa</b>						
1/4	SS-4-HN-10K	35,6 (1,40)	5,8 (0,23)	9/16	689 (10 000)	—
1/2	SS-8-HN-10K	46,7 (1,84)	9,9 (0,39)	7/8	689 (10 000)	

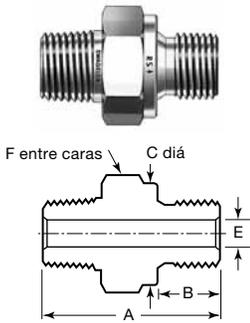
#### Rosca Macho ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-HN-RT	25,6 (1,01)	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	-4-HN-RT	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	-6-HN-RT	36,3 (1,43)	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	-8-HN-RT	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3800)

#### Rosca Macho NPT a Macho ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca NPT pulg	Tamaño rosca ISO pulg	Referencia básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/8	-2-HN-2RT	25,6 (1,01)	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	1/4	-4-HN-4RT	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	3/8	-6-HN-6RT	36,3 (1,43)	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	1/2	-8-HN-8RT	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3800)
3/4	3/4	-12-HN-12RT	46,7 (1,84)	15,7 (0,62)	1 1/16	502 (7 300)	248 (3600)
1	1	-16-HN-16RT	58,9 (2,32)	22,4 (0,88)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2600)

### Manguito Hexagonal



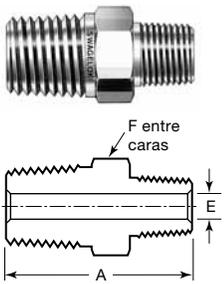
### Rosca Macho NPT a Macho ISO Paralela (RS)

Tamaño rosca NPT pulg	Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)					Presión de Servicio <sup>2</sup> bar (psig)	
			A	B	C	E <sup>1</sup>	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/8	-2-HN-2RS	27,7 (1,09)	8,1 (0,32)	13,7 (0,54)	4,1 (0,16)	9/16	785 (11 400)	392 (5700)
1/4	1/4	-4-HN-4RS	36,8 (1,45)	11,9 (0,47)	17,8 (0,70)	5,8 (0,23)	3/4	709 (10 300)	351 (5100)
3/8	3/8	-6-HN-6RS	37,6 (1,48)	11,9 (0,47)	21,8 (0,86)	7,9 (0,31)	7/8	709 (10 300)	351 (5100)
1/2	1/2	-8-HN-8RS	44,4 (1,75)	14,0 (0,55)	25,9 (1,02)	11,9 (0,47)	1 1/16	523 (7 600)	261 (3800)
3/4	3/4	-12-HN-12RS	49,0 (1,93)	16,0 (0,63)	31,8 (1,25)	15,7 (0,62)	1 5/16	502 (7 300)	248 (3600)
1	1	-16-HN-16RS	56,6 (2,23)	18,0 (0,71)	38,9 (1,53)	19,8 (0,78)	1 5/8	509 (7 400)	254 (3700)

Para información sobre juntas, ver la página D-88.

- ① La dimensión E es el orificio nominal mínimo. Estos accesorios pueden tener un orificio mayor en uno de los extremos.
- ② Los rangos de presión son aplicables a las conexiones finales mediante rosca NPT. Los rangos de presión de las conexiones finales macho ISO dependen de la junta seleccionada. Para ampliar la información sobre rangos de presión y temperatura, contacte con su representante autorizado de Swagelok.

### Manguito Hexagonal Reductor



### Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E <sup>1</sup>	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8 a 1/16	-2-HRN-1	25,6 (1,01)	3,0 (0,12)	7/16	757 (11 000)	378 (5500)
1/4 a 1/8	-4-HRN-2	31,0 (1,22)	4,8 (0,19)	9/16	689 (10 000)	344 (5000)
3/8 a 1/8	-6-HRN-2	31,8 (1,25)	4,8 (0,19)	11/16	689 (10 000)	344 (5000)
3/8 a 1/4	-6-HRN-4	36,3 (1,43)	7,1 (0,28)	11/16	551 (8 000)	275 (4000)
1/2 a 1/8	-8-HRN-2	37,3 (1,47)	4,8 (0,19)	7/8	530 (7 700)	261 (3800)
1/2 a 1/4	-8-HRN-4	41,9 (1,65)	7,1 (0,28)	7/8	551 (8 000)	275 (4000)
1/2 a 3/8	-8-HRN-6	41,9 (1,65)	9,6 (0,38)	7/8	537 (7 800)	268 (3900)
3/4 a 1/4	-12-HRN-4	41,9 (1,65)	7,1 (0,28)	1 1/16	551 (8 000)	275 (4000)
3/4 a 1/2	-12-HRN-8	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	1 1/16	530 (7 700)	261 (3800)
1 a 1/4	-16-HRN-4	49,3 (1,94)	7,1 (0,28)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2600)
1 a 1/2	-16-HRN-8	54,1 (2,13)	11,9 (0,47)	1 3/8	530 (7 700)	261 (3800)
1 a 3/4	-16-HRN-12	54,1 (2,13)	15,7 (0,62)	1 3/8	502 (7 300)	248 (3600)
<b>Macho NPT de Pared Gruesa</b>						
1/2 a 1/4	SS-8-HRN-4-10K	41,9 (1,65)	5,8 (0,23)	7/8	689 (10 000)	—

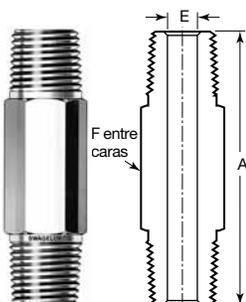
① La dimensión E es el orificio nominal mínimo. Estos accesorios pueden tener uno de los extremos con un orificio mayor.

### Rosca Macho ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E <sup>1</sup>	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
3/8 a 1/4	-6-HRNT-4RT	36,3 (1,43)	7,1 (0,28)	11/16	537 (7800)	268 (3900)
1/2 a 1/8	-8-HRNT-2RT	37,3 (1,47)	4,8 (0,19)	7/8	530 (7700)	261 (3800)
1/2 a 3/8	-8-HRNT-6RT	41,9 (1,65)	9,6 (0,38)	7/8	537 (7800)	268 (3900)

① La dimensión E es el orificio nominal mínimo. Estos accesorios pueden tener uno de los extremos con un orificio mayor.

### Manguito Hexagonal Largo



### Macho NPT

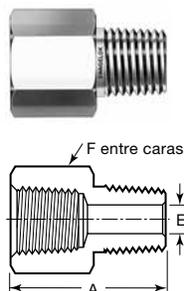
Tamaño rosca NPT pulg	A (Longitudes Disponibles) pulg						Referencia Básica	Dimensiones mm (pulg)		Presión de Servicio, bar (psig)	
	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	6,00		E	F, pulg	Acero inox. 316, acero	Latón
1/8	✓	✓	✓	✓	—	—	-2-HLN-	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	✓	✓	✓	✓	✓	—	-4-HLN-	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	✓	✓	✓	✓	✓	—	-6-HLN-	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	—	✓	—	✓	✓	✓	-8-HLN-	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3800)
3/4	—	✓	—	✓	✓	—	-12-HLN-	15,7 (0,62)	1 1/16	502 (7 300)	248 (3600)
1	—	—	—	✓	✓	—	-16-HLN-	22,4 (0,88)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2600)

Para pedirlos, añadir el indicador del material como prefijo y la longitud disponible como sufijo a la referencia básica.

Ejemplo: SS-2-HLN-1.50

Adaptadores

Hembra a Macho NPT

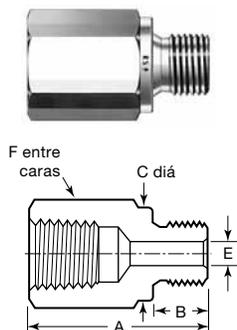


Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-A	27,9 (1,10)	4,8 (0,19)	9/16	447 (6 500)	220 (3200)
1/4	-4-A	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)
3/8	-6-A	38,4 (1,51)	9,6 (0,38)	7/8	365 (5 300)	179 (2600)
1/2	-8-A	49,3 (1,94)	11,9 (0,47)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
3/4	-12-A	51,3 (2,02)	15,7 (0,62)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)
1	-16-A	57,9 (2,28)	22,4 (0,88)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)
<b>Hembra a Macho NPT de Pared Gruesa</b>						
1/4	SS-4-A-10K	36,3 (1,43)	5,8 (0,23)	1	689 (10 000)	—
1/2	SS-8-A-10K	51,3 (2,02)	9,9 (0,39)	1 1/2	689 (10 000)	—

Rosca Hembra a Macho ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-A-RT	27,7 (1,09)	4,8 (0,19)	9/16	447 (6500)	220 (3200)
1/4	-4-A-RT	36,1 (1,42)	7,1 (0,28)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	-6-A-RT	38,1 (1,50)	9,6 (0,38)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	-8-A-RT	49,5 (1,95)	11,9 (0,47)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)

Rosca Hembra NPT a Macho ISO Paralela (RS)

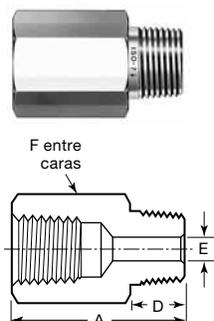


Tamaño rosca NPT pulg	Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)					Presión de Servicio <sup>①</sup> bar (psig)	
			A	B	C	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/8	-2-A-2RS	25,1 (0,99)	8,1 (0,32)	13,7 (0,54)	4,1 (0,16)	9/16	447 (6500)	220 (3200)
1/4	1/4	-4-A-4RS	33,5 (1,32)	11,9 (0,47)	17,8 (0,70)	5,8 (0,23)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	3/8	-6-A-6RS	35,8 (1,41)	11,9 (0,47)	21,8 (0,86)	7,9 (0,31)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	1/2	-8-A-8RS	44,2 (1,74)	14,0 (0,55)	25,9 (1,02)	11,9 (0,47)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)
3/4	3/4	-12-A-12RS	48,0 (1,89)	16,0 (0,63)	31,8 (1,25)	15,7 (0,62)	1 5/16	316 (4600)	158 (2300)
1	1	-16-A-16RS	53,3 (2,10)	18,0 (0,71)	38,9 (1,53)	19,8 (0,78)	1 5/8	303 (4400)	151 (2200)

Para información sobre juntas, consulte la página D-88.

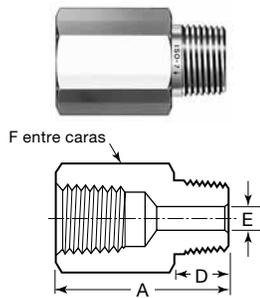
① Los rangos de presión son aplicables a las conexiones finales mediante rosca NPT. Los rangos de presión de las conexiones finales macho ISO dependen de la junta seleccionada. Para ampliar la información sobre rangos de presión y temperatura, contacte con su representante autorizado de Swagelok.

Rosca Hembra NPT a Macho ISO Cónica (RT)



Tamaño rosca NPT pulg	Tamaño rosca ISO pulg	Referencia básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	D	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/8	-2-A-2RT	27,7 (1,09)	9,6 (0,38)	4,8 (0,19)	9/16	447 (6500)	220 (3200)
1/4	1/4	-4-A-4RT	36,1 (1,42)	14,2 (0,56)	7,1 (0,28)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	3/8	-6-A-6RT	38,1 (1,50)	14,2 (0,56)	9,6 (0,38)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	1/2	-8-A-8RT	49,3 (1,94)	19,1 (0,75)	11,9 (0,47)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)
3/4	3/4	-12-A-12RT	51,3 (2,02)	19,1 (0,75)	15,7 (0,62)	1 5/16	316 (4600)	158 (2300)
1	1	-16-A-16RT	58,4 (2,30)	23,9 (0,94)	22,4 (0,88)	1 5/8	303 (4400)	151 (2200)

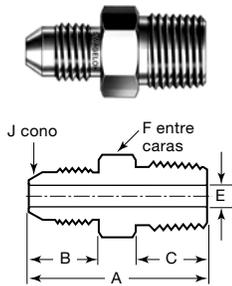
Adaptores



Rosca Hembra ISO Cónica a Macho NPT

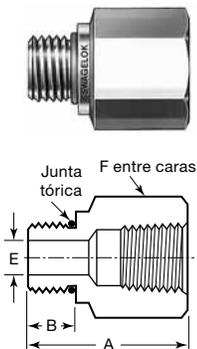
Tamaño rosca ISO pulg	Tamaño rosca NPT pulg	Referencia básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio bar (psig)	
			A	D	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4	1/4	-4-AT-4	36,3 (1,43)	14,2 (0,56)	7,1 (0,28)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	3/8	-6-AT-6	38,4 (1,51)	14,2 (0,56)	9,6 (0,38)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	1/2	-8-AT-8	49,8 (1,96)	19,1 (0,75)	11,9 (0,47)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)

JIC (AN) macho a NPT macho



Tamaño rosca JIC pulg	Tamaño NPT pulg	Referencia básica	Dimensiones, mm (pulg)						Presión de servicio bar (psig)	
			A	B	C	E	F, pulg	J, pulg	Acero Inox. 316	Acero
7/16-20	1/4	-4-AN-1-4	35,6 (1,40)	13,0 (0,55)	14,2 (0,56)	4,3 (0,17)	9/16	1/4	551 (8000)	344 (5000)
9/16-18	1/4	-6-AN-1-4	36,3 (1,43)	14,2 (0,56)	14,2 (0,56)	7,1 (0,28)	5/8	3/8	551 (8000)	344 (5000)
	3/8	-6-AN-1-6	36,3 (1,43)	14,2 (0,56)	14,2 (0,56)	7,6 (0,30)	11/16	3/8	537 (7800)	344 (5000)
3/4-16	1/2	-8-AN-1-8	44,4 (1,75)	16,8 (0,66)	19,0 (0,75)	9,9 (0,39)	7/8	1/2	530 (7700)	310 (4500)
1 1/16-12	3/4	-12-AN-1-12	50,5 (1,99)	21,8 (0,86)	19,0 (0,75)	15,5 (0,61)	1 1/8	3/4	482 (7000)	241 (3500)
1 5/16-12	1	-16-AN-1-16	58,4 (2,30)	23,1 (0,91)	23,9 (0,94)	21,3 (0,84)	1 3/8	1	344 (5000)	206 (3000)

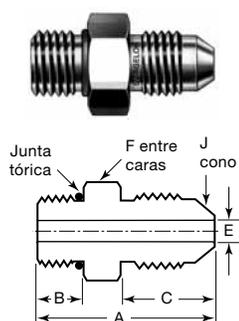
Rosca Macho SAE/MS Paralela a Hembra NPT



Tamaño de Rosca SAE/MS pulg	Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Tamaño normalizado de junta tórica <sup>①</sup>	Presión de servicio Acero inox. 316, acero al carbono bar (psig)
			A	B	E	F, pulg		
7/16-20	1/4	-4-SAE-7-4	33,5 (1,32)	9,1 (0,36)	5,1 (0,20)	3/4	-904	314 (4568)
9/16-18	3/8	-6-SAE-7-6	34,5 (1,36)	9,9 (0,39)	7,1 (0,28)	15/16	-906	314 (4568)
3/4-16	1/2	-8-SAE-7-8	41,1 (1,62)	11,2 (0,44)	10,7 (0,42)	1 1/16	-908	314 (4568)
1 1/16-12	3/4	-12-SAE-7-12	46,2 (1,82)	15,0 (0,59)	16,7 (0,66)	1 3/8	-912	249 (3626)
1 5/16-12	1	-16-SAE-7-16	53,8 (2,12)	15,0 (0,59)	22,4 (0,88)	1 5/8	-916	199 (2900)

① Junta tórica de FKM fluorocarbono dureza 90.

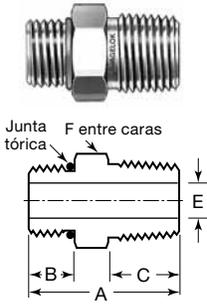
Rosca paralela SAE/MS macho a JIC (AN) macho



Tamaño rosca SAE/MS pulg	Tamaño rosca JIC pulg	Referencia básica	Dimensiones, mm (pulg)						Tamaño normalizado Junta tórica <sup>①</sup>	Presión de servicio Acero inox. 316, acero al carbono bar (psig)
			A	B	C	E	F, pulg	J, pulg		
7/16-20	7/16-20	-4-SAE-1-4AN	30,2 (1,19)	9,1 (0,36)	14,0 (0,55)	4,3 (0,17)	9/16	1/4	-904	314 (4568)
9/16-18	9/16-18	-6-SAE-1-6AN	32,0 (1,26)	9,9 (0,39)	14,2 (0,56)	7,4 (0,29)	11/16	3/8	-906	314 (4568)
3/4-16	3/4-16	-8-SAE-1-8AN	36,6 (1,44)	11,2 (0,44)	16,8 (0,66)	9,9 (0,39)	7/8	1/2	-908	314 (4568)
1 1/16-12	1 1/16-12	-12-SAE-1-12AN	47,5 (1,87)	15,0 (0,59)	21,8 (0,86)	15,5 (0,61)	1 1/4	3/4	-912	249 (3626)
1 5/16-12	1 5/16-12	-16-SAE-1-16AN	50,3 (1,98)	15,0 (0,59)	23,1 (0,91)	21,3 (0,84)	1 1/2	1	-916	199 (2900)

① La junta tórica es de FKM fluorocarbono dureza 90.

Adaptadores



Rosca Macho SAE/MS Paralela a Macho NPT

Tamaño de Rosca SAE/MS pulg	Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)					Tamaño normalizado de junta tórica <sup>①</sup>	Presión de Servicio Acero Inox. 316, Acero bar (psig)
			A	B	C	E	F, pulg		
7/16-20	1/4	-4-SAE-1-4	30,5 (1,20)	9,1 (0,36)	14,2 (0,56)	5,1 (0,20)	9/16	-904	314 (4568)
9/16-18	3/8	-6-SAE-1-6	32,0 (1,26)	9,1 (0,36)	14,2 (0,56)	7,1 (0,28)	11/16	-906	314 (4568)
3/4-16	1/2	-8-SAE-1-8	38,9 (1,53)	11,2 (0,44)	19,1 (0,75)	10,7 (0,42)	7/8	-908	314 (4568)
1 1/16-12	3/4	-12-SAE-1-12	44,4 (1,75)	15,0 (0,59)	19,1 (0,75)	15,7 (0,62)	1 1/4	-912	249 (3626)
1 5/16-12	1	-16-SAE-1-16	50,8 (2,00)	15,0 (0,59)	23,9 (0,94)	22,4 (0,88)	1 1/2	-916	199 (2900)

① Junta tórica de FKM fluorocarbono dureza 90.

Juntas de adaptadores



Junta RS/RSD

Acero al carbono y acero inoxidable (accesorios RS)

Las juntas de acero al carbono para accesorios RS crean el cierre en roscas ISO/BSP paralelas.

La junta RS consiste en un anillo interior de FKM fluorocarbono ligado a un anillo exterior de acero al carbono.

La junta RSD (tipo DIN) consiste en un anillo interior de FKM fluorocarbono ligado a un anillo exterior de acero inoxidable o de acero al carbono según la norma ISO 1179-1973. Se puede utilizar con conexiones finales diseñadas según DIN 3852 Parte 2.

La junta RSNB es un anillo metálico de acero inoxidable 304L similar a DIN 7603 clase D.



Junta RSNB

Tamaño Rosca ISO, pulg	Referencia		
	Junta RS <sup>①</sup>	Junta RSD <sup>②</sup>	Junta RSNB
1/8	S-2-RS-2V	SS-2-RSD-2V	304L-2-RSNB-2
1/4	S-4-RS-2V <sup>③</sup>	SS-4-RSD-2V	304L-4-RSNB-2
3/8	S-6-RS-2V <sup>③</sup>	SS-6-RSD-2V	304L-6-RSNB-2
1/2	S-8-RS-2V <sup>③</sup>	SS-8-RSD-2V	304L-8-RSNB-2
3/4	S-12-RS-2V	SS-12-RSD-2V	304L-12-RSNB-2
1	S-16-RS-2V	SS-16-RSD-2V	304L-16-RSNB-2

① También disponible con anillo interior de Buna. Para pedir las sustituya la **V** por una **B** en la referencia.

Ejemplo: S-2-RS-2**B**

② También disponibles con anillo exterior de acero al carbono. Para pedir las sustituya la **SS** por una **S** en la referencia.

Ejemplo: **S**-8-RSD-2V

③ También disponibles con anillo exterior de acero inoxidable. Para pedir las sustituya la **S** por una **SS** en la referencia.

Ejemplo: **SS**-8-RS-2V



Cobre (accesorios RP y RS)

La junta de cobre para accesorios RP y RS crea el cierre en roscas ISO/BSP paralelas.

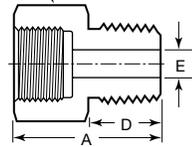
Tamaño Rosca ISO, pulg	Referencia
1/8	CU-2-RP-2
1/4	CU-4-RP-2
3/8	CU-6-RP-2
1/2	CU-8-RP-2
3/4	CU-12-RP-2
1	CU-16-RP-2

Contacte con su representante autorizado de Swagelok para las dimensiones de las juntas.

### Adaptador para Manómetro



F entre caras



### Rosca Hembra ISO Paralela (Manómetro) a Macho NPT

Tamaño rosca ISO pulg	Tamaño rosca NPT pulg	Referencia	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de servicio Acero Inox. 316 bar (psig)
			A	D	E	F, pulg	
1/4	1/4	SS-4-AG-4	30,2 (1,19)	14,2 (0,56)	5,6 (0,22)	3/4	392 (5700)
3/8	3/8	SS-6-AG-6	32,2 (1,27)	14,2 (0,56)	6,6 (0,26)	15/16	392 (5700)
1/2	1/2	SS-8-AG-8	42,7 (1,68)	19,1 (0,75)	7,1 (0,28)	1 1/16	268 (3900)

### Juntas de Adaptadores para Manómetro



#### Cobre y níquel (accesorios RG para manómetros)

La junta para accesorios RG crea el cierre en manómetros con roscas macho ISO/BSP paralelas.

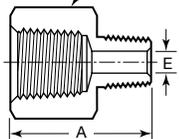
Tamaño Rosca ISO, pulg	Referencia	
	Cobre	Níquel
1/4	CU-4-RG-2	NI-4-RG-2
3/8	CU-6-RG-2	NI-6-RG-2
1/2	CU-8-RG-2	NI-8-RG-2

Contacte con su representante autorizado de Swagelok para las dimensiones de las juntas.

### Adaptador Reductor



F entre caras



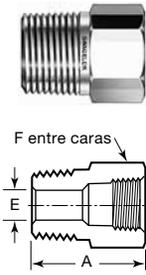
### Rosca Hembra a Macho NPT

Tamaño rosca hembra NPT, pulg	Tamaño rosca macho NPT, pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/16	-2-RA-1	27,7 (1,09)	3,0 (0,12)	9/16	447 (6 500)	220 (3200)
1/4	1/8	-4-RA-2	32,0 (1,26)	4,8 (0,19)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)
3/8	1/8	-6-RA-2	33,8 (1,33)	4,8 (0,19)	7/8	365 (5 300)	179 (2600)
	1/4	-6-RA-4	38,1 (1,50)	7,1 (0,28)			
1/2	1/8	-8-RA-2	40,1 (1,58)	4,8 (0,19)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
	1/4	-8-RA-4	44,7 (1,76)	7,1 (0,28)			
	3/8	-8-RA-6	44,4 (1,75)	9,6 (0,38)			
3/4	1/4	-12-RA-4	47,0 (1,85)	7,1 (0,28)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)
	3/8	-12-RA-6	46,2 (1,82)	9,6 (0,38)			
	1/2	-12-RA-8	51,3 (2,02)	11,9 (0,47)			
1	1/4	-16-RA-4	49,8 (1,96)	7,1 (0,28)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)
	1/2	-16-RA-8	54,9 (2,16)	11,9 (0,47)			
	3/4	-16-RA-12	55,1 (2,17)	15,7 (0,62)			
<b>Hembra a Macho NPT de Pared Gruesa</b>							
1/2	1/4	SS-8-RA-4-10K	46,0 (1,81)	5,8 (0,23)	1 1/2	689 (10 000)	—

### Rosca Hembra a Macho ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca hembra ISO, pulg	Tamaño rosca macho ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4	1/8	-4-RAT-2RT	32,0 (1,26)	4,8 (0,19)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	1/4	-6-RAT-4RT	38,1 (1,50)	7,1 (0,28)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	1/4	-8-RAT-4RT	44,7 (1,76)	7,1 (0,28)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)
	3/8	-8-RAT-6RT	44,4 (1,75)	9,6 (0,38)			

## Manguito Reductor



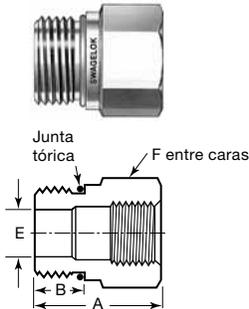
## Macho a Hembra NPT

Tamaño rosca macho NPT pulg	Tamaño rosca hembra NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/16	-2-RB-1	26,2 (1,03)	4,8 (0,19)	7/16	461 (6 700)	227 (3300)
1/4	1/8	-4-RB-2	26,9 (1,06)	7,1 (0,28)	9/16	447 (6 500)	227 (3300)
3/8	1/8	-6-RB-2	21,8 (0,86)	8,6 (0,34)	11/16	633 (9 200)	323 (4700)
	1/4	-6-RB-4	30,2 (1,19)	9,6 (0,38)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)
1/2	1/8	-8-RB-2	27,4 (1,08)	8,6 (0,34)	7/8	840 (12 200)	427 (6200)
	1/4	-8-RB-4		11,4 (0,45)		571 (8 300)	303 (4400)
	3/8	-8-RB-6		35,8 (1,41)		11,9 (0,47)	365 (5 300)
3/4	1/4	-12-RB-4	27,4 (1,08)	11,4 (0,45)	1 1/16	826 (12 000)	413 (6000)
	3/8	-12-RB-6		15,0 (0,59)		564 (8 200)	296 (4300)
	1/2	-12-RB-8		41,4 (1,63)		15,7 (0,62)	337 (4 900)
1	1/4	-16-RB-4	34,8 (1,37)	11,4 (0,45)	1 3/8	999 (14 500)	509 (7400)
	3/8	-16-RB-6		15,0 (0,59)		799 (11 600)	406 (5900)
	1/2	-16-RB-8		18,5 (0,73)		592 (8 600)	296 (4300)
	3/4	-16-RB-12		47,0 (1,85)		22,4 (0,88)	365 (5 300)

## Rosca Macho a Hembra ISO Cónica (RT)

Tamaño rosca macho ISO pulg	Tamaño rosca hembra ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
			A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4	1/8	-4-RBT-2RT	26,9 (1,06)	7,1 (0,28)	9/16	447 (6500)	220 (3200)
3/8	1/4	-6-RBT-4RT	30,2 (1,19)	9,6 (0,38)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
1/2	1/4	-8-RBT-4RT	27,4 (1,08)	11,2 (0,44)	7/8	571 (8300)	303 (4400)
	3/8	-8-RBT-6RT	35,8 (1,41)	11,9 (0,47)		365 (5300)	179 (2600)

## Reductores

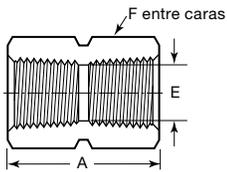


## Rosca Macho a Hembra SAE/MS Paralela (ST)

Tamaño de Rosca Macho pulg	Tamaño de Rosca Hembra pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Tamaño normalizado de junta tórica <sup>①</sup>	Presión de Servicio Acero Inox. 316, Acero bar (psig)
			A	B	E	F, pulg		
9/16-18	7/16-20	-6-RBST-4	28,4 (1,12)	9,9 (0,39)	7,1 (0,28)	13/16	-906	314 (4568)
3/4-16	7/16-20	-8-RBST-4	24,9 (0,98)	11,2 (0,44)	9,9 (0,39)	7/8	-908	314 (4568)
	9/16-18	-8-RBST-6	30,2 (1,19)	11,2 (0,44)	10,7 (0,42)	1	-908	314 (4568)
7/8-14	9/16-18	-10-RBST-6	27,9 (1,10)	12,7 (0,50)	12,7 (0,50)	1	-910	249 (3626)
	3/4-16	-10-RBST-8	36,1 (1,42)	12,7 (0,50)	12,7 (0,50)	1 3/16	-910	249 (3626)
1 1/16-12	3/4-16	-12-RBST-8	32,3 (1,27)	15,0 (0,59)	16,5 (0,65)	1 1/4	-912	249 (3626)
1 5/16-12	1 1/16-12	-16-RBST-12	40,9 (1,61)	15,0 (0,59)	22,1 (0,87)	1 5/8	-916	199 (2900)
1 5/8-12	1 5/16-12	-20-RBST-16	50,3 (1,98)	15,0 (0,59)	27,7 (1,09)	2 1/8	-920	159 (2320)
1 7/8-12	1 5/16-12	-24-RBST-16	32,3 (1,27)	15,0 (0,59)	31,2 (1,23)	2 1/8	-924	159 (2320)

① Junta tórica de FKM fluorocarbono dureza 90.

**Acoplamiento hexagonal**



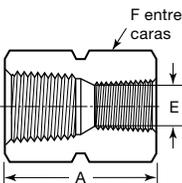
**Hembra NPT**

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-HCG	20,6 (0,81)	8,6 (0,34)	9/16	447 (6 500)	220 (3200)
1/4	-4-HCG	30,2 (1,19)	11,4 (0,45)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)
3/8	-6-HCG	33,3 (1,31)	15,0 (0,59)	7/8	365 (5 300)	179 (2600)
1/2	-8-HCG	39,6 (1,56)	18,5 (0,73)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
3/4	-12-HCG	41,1 (1,62)	23,9 (0,94)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)
1	-16-HCG	50,8 (2,00)	29,7 (1,17)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)
<b>Hembra NPT de Pared Gruesa</b>						
1/4	SS-4-HCG-10K	30,2 (1,19)	11,4 (0,45)	1	689 (10 000)	—
1/2	SS-8-HCG-10K	39,6 (1,56)	18,5 (0,73)	1 1/2	689 (10 000)	—

**Rosca Hembra ISO Cónica (RT)**

Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-HCG-RT	20,6 (0,81)	8,4 (0,33)	9/16	447 (6500)	220 (3200)
1/4	-4-HCG-RT	30,2 (1,19)	11,2 (0,44)	3/4	454 (6600)	227 (3300)
3/8	-6-HCG-RT	33,3 (1,31)	14,7 (0,58)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2	-8-HCG-RT	39,6 (1,56)	18,3 (0,72)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)

**Acoplamiento hexagonal reductor**



**Hembra NPT**

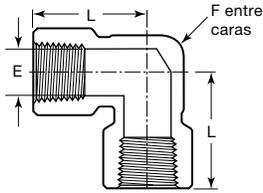
Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4 a 1/8	-4-HRCG-2	31,0 (1,22)	8,6 (0,34)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)
3/8 a 1/4	-6-HRCG-4	35,1 (1,38)	11,4 (0,45)	7/8	365 (5 300)	179 (2600)
1/2 a 1/8	-8-HRCG-2	39,6 (1,56)	8,6 (0,34)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
1/2 a 1/4	-8-HRCG-4	44,4 (1,75)	11,4 (0,45)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
1/2 a 3/8	-8-HRCG-6	45,2 (1,78)	15,0 (0,59)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)
3/4 a 1/4	-12-HRCG-4	46,0 (1,81)	11,4 (0,45)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)
3/4 a 1/2	-12-HRCG-8	52,3 (2,06)	18,5 (0,73)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)
1 a 1/2	-16-HRCG-8	55,6 (2,19)	18,5 (0,73)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)
1 a 3/4	-16-HRCG-12	57,2 (2,25)	23,9 (0,94)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)
<b>Hembra NPT de Pared Gruesa</b>						
1/2 a 1/4	SS-8-HRCG-4-10K	44,4 (1,75)	11,4 (0,45)	1 1/2	689 (10 000)	—

**Rosca Hembra ISO Cónica (RT)**

Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
3/8 a 1/4	-6-HRCGT-4RT	35,1 (1,38)	11,2 (0,44)	7/8	365 (5300)	179 (2600)
1/2 a 1/4	-8-HRCGT-4RT	44,4 (1,75)	11,2 (0,44)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)
1/2 a 3/8	-8-HRCGT-6RT	45,2 (1,78)	14,7 (0,58)	1 1/16	337 (4900)	165 (2400)

D

Codos



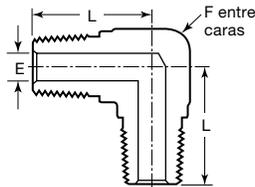
Rosca Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-E	8,6 (0,34)	26,4 (1,04)	1/2	427 (6 200)	213 (3100)
1/4	-4-E	11,4 (0,45)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7 200)	248 (3600)
3/8	-6-E	15,0 (0,59)	36,1 (1,42)	13/16	385 (5 600)	192 (2800)
1/2	-8-E	18,5 (0,73)	39,6 (1,56)	1	385 (5 600)	192 (2800)
3/4	-12-E	23,9 (0,94)	48,8 (1,92)	1 1/4	351 (5 100)	172 (2500)
1	-16-E	29,7 (1,17)	48,5 (1,91)	1 11/16	440 (6 400)	220 (3200)
<b>Hembra NPT de Pared Gruesa</b>						
1/4	SS-4-E-10K	11,4 (0,45)	39,6 (1,56)	1	689 (10 000)	—
1/2	SS-8-E-10K	18,5 (0,73)	50,0 (1,97)	1 11/16	689 (10 000)	—

Rosca Hembra ISO Cónica (RT)

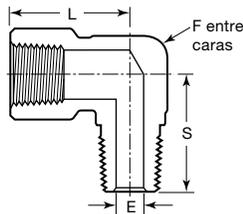
Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4	-4-E-RT	11,2 (0,44)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-E-RT	14,7 (0,58)	36,1 (1,42)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-E-RT	18,3 (0,72)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)

Rosca Macho NPT



Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Presión de Servicio, bar (psig)	
		E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-ME	4,8 (0,19)	22,4 (0,88)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	-4-ME	7,1 (0,28)	26,7 (1,05)	1/2	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	-6-ME	9,6 (0,38)	29,7 (1,17)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	-8-ME	11,9 (0,47)	36,8 (1,45)	13/16	530 (7 700)	261 (3800)

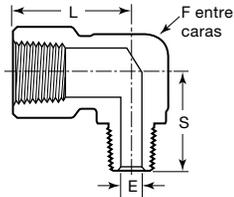
Codos Macho Hembra



Hembra a Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
		E	L	S	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/16	-1-SE	3,0 (0,12)	21,8 (0,86)	22,4 (0,88)	7/16	633 (9200)	316 (4600)
1/8	-2-SE	4,8 (0,19)	26,4 (1,04)	22,1 (0,87)	1/2	427 (6200)	213 (3100)
1/4	-4-SE	7,1 (0,28)	29,7 (1,17)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-SE	9,6 (0,38)	36,1 (1,42)	32,0 (1,26)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-SE	11,9 (0,47)	39,6 (1,56)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)
3/4	-12-SE	15,7 (0,62)	48,8 (1,92)	42,4 (1,67)	1 1/4	351 (5100)	172 (2500)
1	-16-SE	22,4 (0,88)	48,5 (1,91)	49,3 (1,94)	1 11/16	365 (5300)	179 (2600)

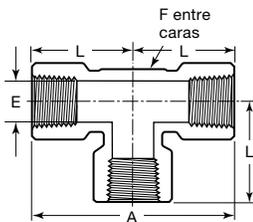
## Codos Macho Hembra Reductores



## Hembra a Macho NPT

Tamaño rosca hembra NPT pulg	Tamaño rosca macho NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
			E	L	S	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	1/16	-2-RSE-1	3,0 (0,12)	26,4 (1,04)	22,1 (0,87)	1/2	427 (6200)	213 (3100)
1/4	1/8	-4-RSE-2	4,8 (0,19)	29,7 (1,17)	25,4 (1,00)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	1/4	-6-RSE-4	7,1 (0,28)	36,1 (1,42)	32,0 (1,26)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	1/4	-8-RSE-4	7,1 (0,28)	39,6 (1,56)	35,1 (1,38)	1	385 (5600)	192 (2800)
	3/8	-8-RSE-6	9,6 (0,38)	39,6 (1,56)	35,1 (1,38)		385 (5600)	192 (2800)

## Tes

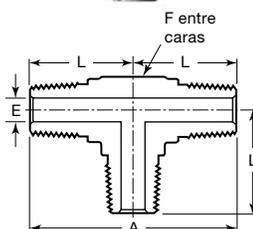


## Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-T	52,8 (2,08)	8,6 (0,34)	26,4 (1,04)	1/2	427 (6 200)	213 (3100)
1/4	-4-T	59,4 (2,34)	11,4 (0,45)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7 200)	248 (3600)
3/8	-6-T	72,1 (2,84)	15,0 (0,59)	36,1 (1,42)	13/16	385 (5 600)	192 (2800)
1/2	-8-T	79,2 (3,12)	18,5 (0,73)	39,6 (1,56)	1	385 (5 600)	192 (2800)
3/4	-12-T	97,5 (3,84)	23,9 (0,94)	48,8 (1,92)	1 1/4	351 (5 100)	172 (2500)
1	-16-T	97,0 (3,82)	29,7 (1,17)	48,5 (1,91)	1 11/16	440 (6 400)	220 (3200)
<b>Hembra NPT de Pared Gruesa</b>							
1/4	SS-4-T-10K	79,2 (3,12)	11,4 (0,45)	39,6 (1,56)	1	689 (10 000)	—
1/2	SS-8-T-10K	100 (3,94)	18,5 (0,73)	50,0 (1,97)	1 11/16	689 (10 000)	—

## Rosca Hembra ISO Cónica (RT)

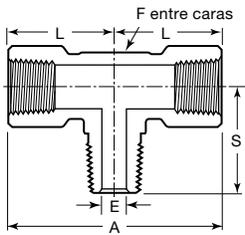
Tamaño rosca ISO pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/4	-4-T-RT	59,4 (2,34)	11,2 (0,44)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-T-RT	72,1 (2,84)	14,7 (0,58)	36,1 (1,42)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-T-RT	79,2 (3,12)	18,3 (0,72)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)



## Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de servicio, bar (psig)	
		A	E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-MT	44,7 (1,76)	4,8 (0,19)	22,4 (0,88)	7/16	689 (10 000)	344 (5000)
1/4	-4-MT	53,3 (2,10)	7,1 (0,28)	26,7 (1,05)	1/2	551 (8 000)	275 (4000)
3/8	-6-MT	59,4 (2,34)	9,6 (0,38)	29,7 (1,17)	11/16	537 (7 800)	268 (3900)
1/2	-8-MT	73,7 (2,90)	11,9 (0,47)	36,8 (1,45)	13/16	530 (7 700)	261 (3800)

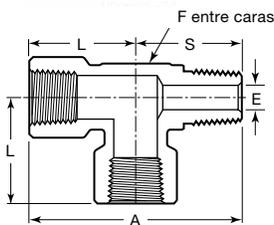
### Te Macho Lateral



### Macho a Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)					Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	L	S	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-BT	52,8 (2,08)	4,8 (0,19)	26,4 (1,04)	22,1 (0,87)	1/2	427 (6200)	213 (3100)
1/4	-4-BT	59,4 (2,34)	7,1 (0,28)	29,7 (1,17)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-BT	72,1 (2,84)	9,6 (0,38)	36,1 (1,42)	32,0 (1,26)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-BT	79,2 (3,12)	11,9 (0,47)	39,6 (1,56)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)

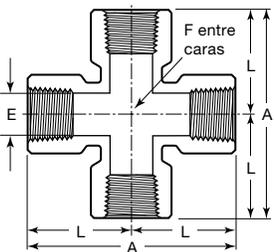
### Te Macho Recta



### Macho a Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)					Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	L	S	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-ST	48,5 (1,91)	4,8 (0,19)	26,4 (1,04)	22,1 (0,87)	1/2	427 (6200)	213 (3100)
1/4	-4-ST	59,4 (2,34)	7,1 (0,28)	29,7 (1,17)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-ST	68,1 (2,68)	9,6 (0,38)	36,1 (1,42)	32,0 (1,26)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-ST	79,2 (3,12)	11,9 (0,47)	39,6 (1,56)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)
3/4	-12-ST	91,2 (3,59)	15,7 (0,62)	48,8 (1,92)	42,4 (1,67)	1 1/4	351 (5100)	172 (2500)

### Cruces

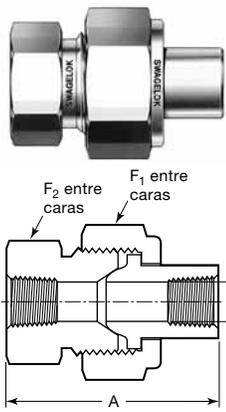


### Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, bar (psig)	
		A	E	L	F, pulg	Acero Inox. 316, Acero	Latón
1/8	-2-CS	52,8 (2,08)	8,6 (0,34)	26,4 (1,04)	1/2	427 (6200)	213 (3100)
1/4	-4-CS	59,4 (2,34)	11,4 (0,45)	29,7 (1,17)	11/16	496 (7200)	248 (3600)
3/8	-6-CS	72,1 (2,84)	15,0 (0,59)	36,1 (1,42)	13/16	385 (5600)	192 (2800)
1/2	-8-CS	79,2 (3,12)	18,5 (0,73)	39,6 (1,56)	1	385 (5600)	192 (2800)
3/4	-12-CS	97,5 (3,84)	23,9 (0,94)	48,8 (1,92)	1 1/4	351 (5100)	172 (2500)
1	-16-CS	97,0 (3,82)	29,7 (1,17)	48,5 (1,91)	1 11/16	440 (6400)	220 (3200)

## Tuerca de Unión

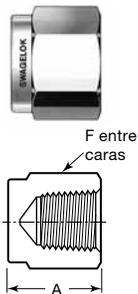
## Hembra NPT



Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Presión de Servicio, Acero Inox. 316 bar (psig)
		A	E	F <sub>1</sub> , pulg	F <sub>2</sub> , pulg	
1/8	-2-UBJ	46,0 (1,81)	6,8 (0,27)	1 1/8	15/16	578 (8400)
1/4	-4-UBJ	59,4 (2,34)	9,1 (0,36)	1 3/8	1 3/16	454 (6600)
3/8	-6-UBJ	63,5 (2,50)	13,2 (0,52)	1 1/2	1 5/16	365 (5300)
1/2	-8-UBJ	68,3 (2,69)	15,7 (0,62)	1 3/4	1 5/8	413 (6000)
3/4	-12-UBJ	79,2 (3,12)	22,4 (0,88)	2 1/8	1 7/8	316 (4600)
1	-16-UBJ	90,4 (3,56)	26,2 (1,03)	2 1/2	2 3/8	468 (6800)

Las tuercas de las tuerca de unión están recubiertas con plata. Se utiliza un lubricante para el ensamblaje.

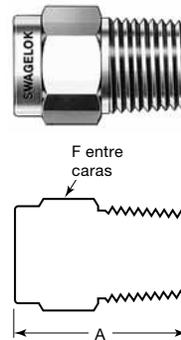
## Tapones Hembra



## Hembra NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)	
		A	F, pulg
1/8	-2-CP	19,1 (0,75)	9/16
1/4	-4-CP	23,1 (0,91)	3/4
3/8	-6-CP	26,2 (1,03)	7/8
1/2	-8-CP	34,0 (1,34)	1 1/16
3/4	-12-CP	36,6 (1,44)	1 5/16
1	-16-CP	41,1 (1,62)	1 5/8
<b>Rosca Hembra NPT de Pared Gruesa</b>			
1/4	SS-4-CP-10K	28,2 (1,11)	1
1/2	SS-8-CP-10K	40,1 (1,58)	1 1/2

## Tapones Macho

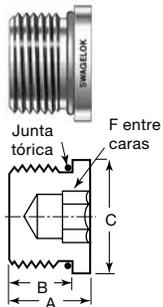


## Macho NPT

Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones mm (pulg)	
		A	F, pulg
1/16	-1-P	19,1 (0,75)	5/16
1/8	-2-P	19,1 (0,75)	7/16
1/4	-4-P	24,4 (0,96)	9/16
3/8	-6-P	25,1 (0,99)	11/16
1/2	-8-P	30,7 (1,21)	7/8
3/4	-12-P	30,7 (1,21)	1 1/16
1	-16-P	38,1 (1,50)	1 3/8

Para tapones macho con roscas macho ISO/BSP paralelas (RS), póngase en contacto con su representante autorizado de Swagelok.

## Tapón Hexagonal Hueco

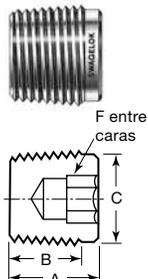


## Rosca Macho SAE/MS Paralela (ST)

Tamaño de rosca SAE/MS pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)				Tamaño normalizado de junta tórica <sup>①</sup>
		A	B	C	F, pulg	
7/16-20	-4-HPST	11,4 (0,45)	9,1 (0,36)	14,2 (0,56)	3/16	-904
9/16-18	-6-HPST	12,2 (0,48)	9,9 (0,39)	17,5 (0,69)	1/4	-906
3/4-16	-8-HPST	14,2 (0,56)	11,2 (0,44)	22,4 (0,88)	5/16	-908
1 1/16-12	-12-HPST	19,1 (0,75)	15,0 (0,59)	31,8 (1,25)	9/16	-912
1 5/16-12	-16-HPST	19,1 (0,75)	15,0 (0,59)	38,1 (1,50)	5/8	-916

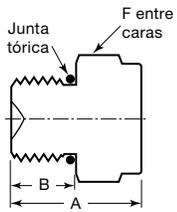
① Junta tórica de FKM fluorocarbono dureza 90.

## Macho NPT



Tamaño rosca NPT pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			
		A	B	C	F, pulg
1/8	SS-2-HP	10,4 (0,41)	7,6 (0,30)	9,4 (0,37)	3/16
1/4	SS-4-HP	15,5 (0,61)	12,4 (0,49)	12,1 (0,48)	1/4
3/8	SS-6-HP	15,0 (0,59)	11,9 (0,47)	15,7 (0,62)	5/16
1/2	SS-8-HP	19,3 (0,76)	16,2 (0,64)	19,3 (0,76)	3/8

## Tapón de Cabeza Hexagonal



### Rosca Macho SAE/MS paralela (ST)

Tamaño de rosca SAE/MS pulg	Referencia Básica	Dimensiones, mm (pulg)			Tamaño normalizado de junta tórica <sup>①</sup>
		A	B	F, pulg	
7/16-20	-4-PST	19,3 (0,76)	9,1 (0,36)	9/16	-904
9/16-18	-6-PST	20,8 (0,82)	9,9 (0,39)	11/16	-906
3/4-16	-8-PST	22,6 (0,89)	11,2 (0,44)	7/8	-908
1 1/16-12	-12-PST	28,4 (1,12)	15,0 (0,59)	1 1/4	-912
1 5/16-12	-16-PST	30,0 (1,18)	15,0 (0,59)	1 1/2	-916

① Junta tórica de FKM fluorocarbono dureza 90.

## Acerca de este documento

Gracias por descargar este catálogo electrónico, que forma parte del Catálogo general de productos Swagelok publicado en versión impresa. Este tipo de catálogos electrónicos se va actualizando según surge nueva información o revisiones, por lo que pueden estar más actualizados que la versión impresa.

Swagelok Company es un importante desarrollador y proveedor de soluciones para sistemas de fluidos, incluyendo productos, soluciones de integración y servicios para las industrias de la investigación, instrumentación, farmacéutica, del petróleo y gas, energía, petroquímica, combustibles alternativos y semiconductor. Nuestras instalaciones de fabricación, investigación, servicio técnico y distribución dan soporte a una red global de más de 200 centros autorizados de ventas y servicio en 57 países.

Visite [www.swagelok.com.mx](http://www.swagelok.com.mx) para localizar a su representante de Swagelok y obtener cualquier tipo de información relativa a características, información técnica y referencias de producto, o para conocer la gran variedad de servicios disponibles únicamente a través de los centros autorizados de ventas y servicio Swagelok.

### Selección fiable de un componente

**Al seleccionar un componente, habrá que tener en cuenta el diseño global del sistema para conseguir un servicio seguro y sin problemas. El diseñador de la instalación y el usuario son los responsables de la función del componente, de la compatibilidad de los materiales, de los rangos de operación apropiados, así como de la operación y mantenimiento del mismo.**

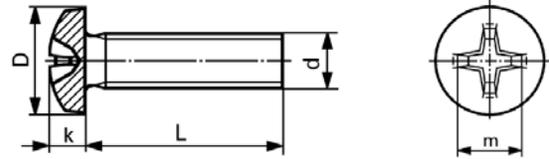
## Garantía

Los productos Swagelok están respaldados por la Garantía Limitada Vitalicia Swagelok. Para obtener una copia, visite su sitio Web Swagelok o contacte con su representante autorizado de Swagelok.

Swagelok, Ferrule-Pak, Goop, IGC, Kenmac, Micro-Fit, Nupro, Snoop, SWAK, VCO, VCR, Ultra-Torr, Whitey—TM Swagelok Company  
Atlas—TM Asahi Glass  
CSA—TM Canadian Standards Association  
Kairez, Krytox, Viton—TM DuPont  
Dyneon, Elgiloy, TFM—TM Dyneon  
Elgiloy—TM Elgiloy Limited Partnership  
FM—TM FM Global  
Grafoil—TM GrafTech International Holdings, Inc.  
Membralox—TM Pall Corporation  
PH 15-7 Mo, 17-7 PH—TM AK Steel Corp  
SAF 2507—TM Sandvik AB  
Xylan—TM Whitford Corporation

## 4.8 / 5.8

Cross recessed pan head  
machine screws, steel  
type H (Phillips)



## ISO 7045 / DIN 7985

Zinc plated

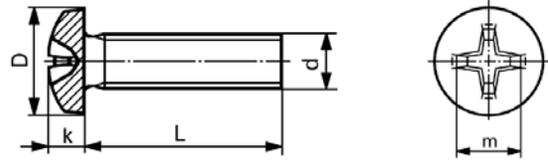
d	M 2		M 2,5		M 3		M 4	
D	4		5		6 ISO 5,6		8	
k	1,6		2 ISO 2,1		2,4		3,1	
m ≈	2,5		2,7		3,1		4,6	
driver size	1		1		1		2	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+
4	4.-	2.30	4.-	2.-	4.-	2.20	8.90	6.50
5	4.-	2.30	4.-	2.10	4.-	2.20	5.-	3.80
6	4.-	2.90	4.-	2.10	4.-	2.20	4.50	2.90
8	4.-	2.90	4.-	2.20	4.-	2.20	4.50	2.90
10	4.-	3.-	4.-	2.30	4.-	2.30	4.50	2.90
12	4.50	3.10	4.-	2.50	4.-	2.40	4.70	3.10
14			5.-	3.-	4.50	2.50	6.-	4.10
16	5.-	3.20	4.50	2.75	4.50	2.50	5.-	3.50
18					5.-	3.20	7.20	4.80
20	5.50	4.-	5.-	3.40	4.50	3.-	7.-	4.50
22					5.-	3.80	8.60	6.30
25			5.50	3.90	5.-	3.90	6.-	4.25
30					6.20	4.-	7.20	5.-
35					7.10	5.30	8.30	5.90
40					11.60	8.40	9.10	6.40
45					13.-	10.20	10.20	7.10
50					14.50	11.70	14.10	10.40
55							18.50	14.90
60					19.70	16.80	17.10	13.60
70							25.-	19.80

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozidriv) see page G 28

## 4.8 / 5.8

Cross recessed pan head  
machine screws, steel  
type H (Phillips)



## ISO 7045 / DIN

Zinc plated

d	M 5		M 6		M 8		M10	
D	10 ISO 9,5		12		16		20	
k	3,8 ISO 3,7		4,6		6		7,5	
m ≈	5,3		6,8		9		10,1	
driver size	2		3		4		4	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	
6	7.50	5.50						
8	6.20	4.40	13.-	10.50				
10	6.20	4.40	9.90	7.20				
12	8.10	5.50	8.80	6.30	27.70	21.10		
14	8.10	5.50	12.10	8.70	29.80	23.50		
16	8.30	5.80	9.70	7.10	24.20	17.70	56.-	
18	9.50	7.30	14.50	10.90				
20	9.-	6.80	11.20	8.20	25.50	18.70	53.20	
22	11.10	9.40	17.80	13.50				
25	9.50	7.20	13.-	9.50	26.40	20.10	49.50	
30	9.80	7.50	16.80	12.40	30.-	22.50	53.50	
35	13.80	10.-	18.30	13.40	33.-	24.80		
40	13.10	9.60	19.80	14.60	39.-	29.75		
45	16.80	12.40	21.40	17.50	42.-	32.-		
50	20.25	14.80	23.80	18.70	44.-	33.50		
55			34.-	25.50				
60	26.-	19.85	28.90	23.-				
70	37.-	28.-						
100	60.50	47.-						

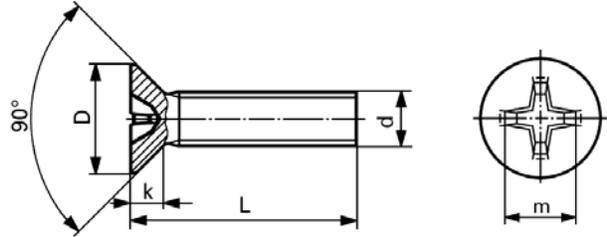
+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozi driv) see page G 28

**Maryland Metrics Fastener Catalog - Chapter G** Owings Mills, MD 21117 USA

# 4.8 / 5.8

Cross recessed flat head machine screws, steel type H (Phillips)



## DIN 965

Zinc plated

ISO 7046

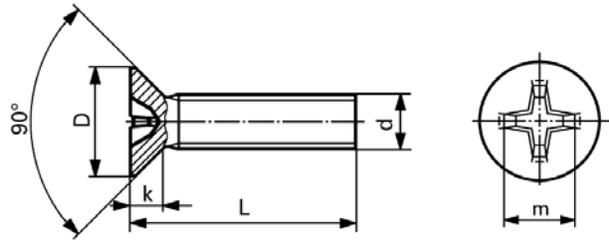
d	M 2		M 2,5		M 3		M 4	
D	3,8		4,7		5,6		7,5	
k	1,2		1,5		1,65		2,2	
m ≈	2,35		2,7		2,9		4,4	
driver size	1		1		1		2	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+
3	5.-	3.10						
4	5.-	2.90	10.80	6.80	6.-	3.80		
5	5.-	2.90	4.50	2.20	4.50	2.60	13.70	9.-
6	4.50	2.-	4.50	2.25	4.-	2.-	4.50	2.50
8	4.50	2.-	4.50	2.10	4.-	2.-	4.50	2.50
10	4.50	2.-	4.50	2.20	4.-	2.10	4.50	2.70
12	4.50	2.30	4.50	2.50	4.-	2.40	5.-	3.25
(14)					4.50	2.80	6.-	3.40
16	8.90	5.90	5.-	2.90	4.50	2.60	6.-	3.65
(18)					4.50	2.80	7.-	4.20
20	9.50	7.90	8.40	5.30	5.-	3.-	7.-	4.10
25					6.-	3.25	7.80	4.30
30					6.50	4.10	9.20	6.15
35					12.20	7.80	11.20	7.40
40					13.50	8.80	11.50	7.70
45					18.-	12.90	12.-	8.-
50					20.80	14.05	18.80	13.-
60					25.25	17.90	25.25	17.90
70							32.50	23.50

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozidriv) see page G 29

## 4.8 / 5.8

Cross recessed flat head machine screws, steel type H (Phillips)



## DIN 965

Zinc plated

ISO 7046

d	M5		M6		M8		M10	
D	9,2		11		14,5		18	
k	2,5		3		4		5	
m ≈	4,6		6,6		8,7		9,6	
driver size	2		3		4		4	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	
6	23.-	16.20						
8	6.50	4.10	16.40	11.10				
10	7.80	4.90	10.40	6.40				
12	8.30	5.10	10.50	7.-	34.-	24.-		
(14)	10.70	6.80	14.80	9.90				
16	8.80	5.50	12.30	8.20	29.25	19.40	68.-	
20	11.50	7.30	13.90	9.30	30.75	20.50	59.50	
25	11.70	7.40	15.90	10.70	31.75	22.25	65.-	
30	12.30	8.20	17.20	11.40	35.-	24.50	75.50	
35	14.20	9.30	18.40	12.60	39.-	27.-	91.50	
40	15.10	10.10	20.25	14.-	44.50	31.-	96.-	
45	17.30	11.80	23.25	16.30	49.-	34.-	99.50	
50	21.25	14.90	25.50	18.-	52.50	35.-	107.-	
55			32.75	23.75	55.50	42.50		
60			30.25	21.75	53.20	40.20	112.-	
70			35.25	26.50	78.-	54.50		
80			65.-	48.50	88.80	62.40		

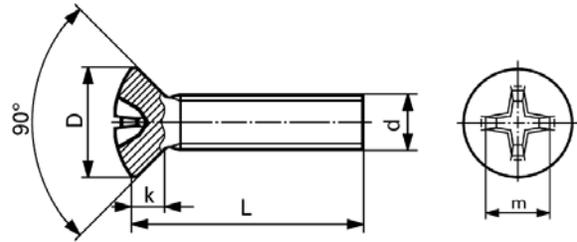
+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozidriv) see page G 29

**Maryland Metrics Fastener Catalog - Chapter G** Owings Mills, MD 21117 USA

# 4.8 / 5.8

Cross recessed oval head machine screws, steel type H (Phillips)



## DIN 966

Zinc plated

ISO 7047

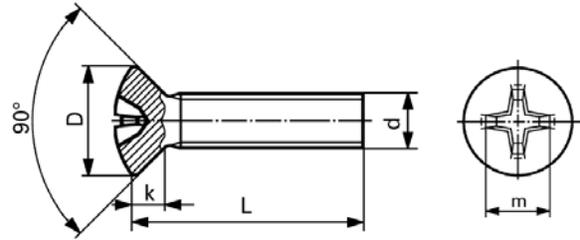
d	M2,5		M3		M4		M5	
D	4,7		5,6		7,5		9,2	
k	1,5		1,65		2,2		2,5	
m ≈	2,7		3,1		4,5		5,3	
driver size	1		1		2		2	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+
5	4.-	2.50	5.90	3.90				
6	4.-	2.50	4.-	2.15	5.-	2.80		
8	5.50	3.30	4.-	2.15	5.20	3.20	7.50	5.10
10	5.50	3.30	4.-	2.25	5.20	3.20	7.30	4.90
12	6.-	3.40	4.-	2.40	5.40	3.35	7.30	4.90
(14)			6.60	4.70	8.10	6.20	10.70	7.20
16	6.-	3.95	4.-	2.85	6.-	3.70	9.50	5.80
20	7.-	5.30	5.20	3.25	6.20	4.20	9.80	6.-
25			8.40	5.-	8.60	5.20	10.20	6.70
30			9.90	6.-	10.30	6.50	13.90	9.20
35			13.40	8.80	12.-	8.20	15.10	10.10
40					13.-	8.80	16.10	10.90
45					14.80	10.-	18.40	12.60
50							22.75	16.-

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozidriv) see page G 30

# 4.8 / 5.8

Cross recessed oval head machine screws, steel type H (Phillips)



## DIN 966

Zinc plated

ISO 7047

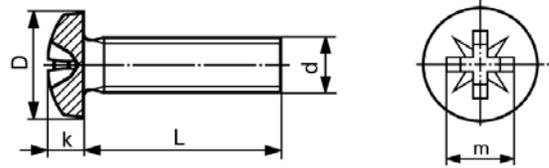
d	M6		M8	
D	11		14,5	
k	3		4	
m ≈	6,8		9	
driver size	3		4	
L quantity	100	1000+	100	1000+
10	13.90	9.10		
12	11.80	7.50		
(14)	13.60	8.90		
16	12.30	8.30	30.-	21.50
20	14.-	9.50	31.-	21.80
25	16.-	10.90	32.-	22.50
30	17.30	11.80	35.25	25.-
35	19.70	13.60	39.-	27.75
40	21.75	15.10	48.-	34.-
50	27.25	19.40	52.50	37.25
60			58.-	43.50

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

Type Z (Pozidriv) see page G 30

## 4.8 / 5.8

Cross recessed pan head  
machine screws, steel  
type Z (Pozidriv)



## ISO 7045 / DIN 7985

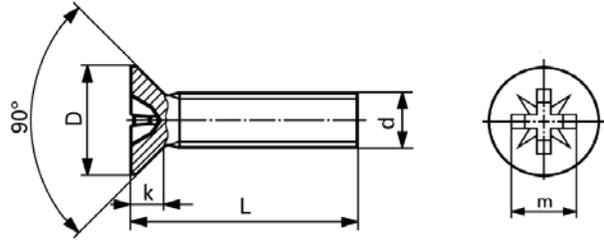
Zinc plated

d (9000)	M3		M4		M5		M6		M8
D	6 ISO 5,6		8		10 ISO 9,5		12		16
k	2,4		3,1		3,8 ISO 3,7		4,6		6
m ≈	3		4,3		5		6,7		9
driver size	1		2		2		3		4
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100
5	4.-	2.20							
6	4.-	2.20	5.-	3.30	9.50	6.85			
8	4.-	2.-	5.-	3.30	8.10	5.40	13.50	10.50	
10	4.-	2.45	5.-	3.40	7.-	5.-	11.20	8.30	
12	4.-	2.55	5.-	3.65	7.30	5.10	10.90	7.40	
(14)							14.90	10.90	
16	4.-	2.70	5.50	4.10	7.90	5.70	12.-	8.10	29.-
20	4.50	2.95	6.-	4.30	8.70	6.30	12.90	9.50	30.-
(22)	5.-	3.10							
25	5.-	3.70	6.80	5.-	10.30	7.50	14.70	10.80	32.25
30	6.-	4.60	7.70	5.80	12.60	9.65	15.70	11.60	
35	7.10	5.50	9.10	6.95	14.40	11.30	17.80	14.50	
40			10.55	7.45	17.40	12.70	19.10	16.05	
50					22.50	16.60	26.-	19.10	
55					34.-	28.50			
60					28.-	23.25	28.50	20.70	

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

# 4.8 / 5.8

Cross recessed flat head machine screws, steel type Z (Pozidriv)



## DIN 965

Zinc plated

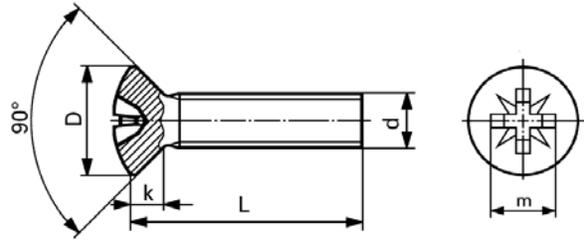
ISO 7046

d (9000)	M 3		M 4		M 5		M 6		M 8
D	5,6		7,5		9,2		11		14.5
k	1,65		2,2		2,5		3		4
m ≈	2,9		4,4		4,6		6,6		8.7
driver size	1		2		2		3		4
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100
4	6.50	4.10							
5	5.-	2.80							
6	5.-	2.80	5.-	3.10					
8	4.50	2.20	5.-	3.10					
10	4.50	2.40	5.20	3.30	8.40	5.50			
12	4.70	2.60	5.50	3.50	8.70	5.80	12.50	8.40	
16	5.-	2.95	6.40	3.80	9.60	6.40	13.90	9.20	28.-
20	5.50	3.50	7.30	4.80	10.70	7.20	15.80	10.60	29.-
25	6.-	3.80	8.-	5.20	15.10	10.-	16.10	11.20	31.25
30			11.80	7.90	15.50	10.60	18.50	13.55	33.50
35			13.20	8.90	16.80	11.50	22.40	17.60	
40					18.70	13.75	24.35	19.85	48.50
55							26.-	20.50	
60							36.25	27.50	

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

# 4.8 / 5.8

Cross recessed oval head machine screws, steel type Z (Pozidriv)



## DIN 966

Zinc plated

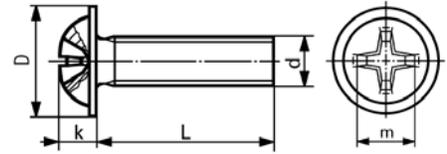
ISO 7047

d (9000)	M3		M4		M5		M 6	
D	5,6		7,5		9,2		11	
k	1,65		2,2		2,5		3	
m ≈	3,1		4,5		5,3		7	
driver size	1		2		2		3	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+
6	5.-	2.50						
8	5.-	2.60	5.50	3.20	9.50	6.60		
10	5.-	2.60	5.50	3.20	8.20	5.55		
12	5.-	2.80	6.-	3.70	9.20	6.40	10.80	7.70
(14)					10.50	8.-		
16	5.50	3.10	6.80	4.40	10.95	8.60	13.50	10.40
20			8.35	5.10	11.40	9.30	14.30	10.90
25			9.80	6.15	12.50	10.80	15.50	12.30
30			11.90	8.45	13.85	11.40	18.10	13.90
35							22.-	17.75
40							24.-	20.-

+ 10% discount for 10 000 pieces per item

# 4.8 / 5.8

Cross recessed oval washer head screws type H (Phillips), steel



## K 748

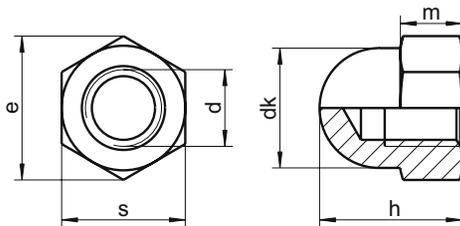
Zinc plated

d	M 3		M 4		M 5		M 6	
D	8		10		12		14	
k	2,5		3,2		4		4,7	
m NO.	2		2		2		3	
L quantity	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000
4	7.50	4.-						
6	7.50	4.-	9.50	5.90				
8	7.80	4.30	8.-	4.80				
10			8.55	5.30	12.20	7.80		
12			8.90	5.60	13.80	8.90	17.70	11.40
16			11.-	6.80	15.20	9.90	20.-	12.90
20					15.90	10.20	21.-	13.50
25							24.-	15.50

# DIN 1587

## Hexagon domed cap nuts

high type



d	m	h	s	e	dk	⬠
M3	2,4	7	5,5	6,01	5,5	5,5
M4	3,2	8	7,0	7,66	6,5	7,0
M5	4,0	10	8,0	8,79	7,5	8,0
M6	5,0	12	10,0	11,05	9,5	10,0
M8	6,5	15	13,0	14,38	12,5	13,0
M10	8,0	18	17,0	18,90	16,0	17,0
M12	10,0	22	19,0	21,10	18,0	19,0
M14	11,0	25	22,0	24,49	21,0	22,0
M16	13,0	28	24,0	26,75	23,0	24,0
M18	15,0	32	27,0	30,14	26,0	27,0
M20	16,0	34	30,0	33,53	28,0	30,0
M22	18,0	39	34,0	37,72	33,0	34,0
M24	19,0	42	36,0	39,98	34,0	36,0
M27	20,0	47	41,0	47,30	40,0	41,0
M30	24,0	52	46,0	52,00	42,0	46,0

Grade	SU
▲●	1000
▲●	1000
▲●	1000
▲●	500
▲●	200
▲●	100
▲●	100
▲●	50
▲●	50
▲●	25
▲●	25
▲●	10
▲●	10
▲●	10
▲●	10

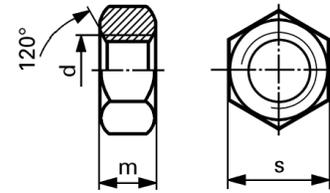
■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | SU: Sales unit | All measurements in mm | Other dimensions on request.

Example item no. 1587-2-8 DIN 1587 - A2 - M8

# 8

Hex nuts, steel

DIN 934



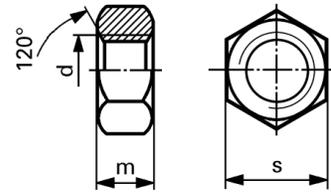
ISO 4032

d	s	m	plain			black		
			100	1000	10 000	100	1000	10 000
quantity								
M								
2	4	1,6	6.-	2.10	1.50	6.-	2.75	2.10
2,5	5	2	6.-	2.10	1.50	6.-	2.75	2.10
3	5,5	2,4	6.-	1.50	1.-	6.-	1.75	1.20
(3,5)	6	2,8	6.-	2.10	1.50	6.-	2.75	2.10
4	7	3,2	6.-	1.60	1.20	6.-	2.05	1.50
5	8	4	6.-	1.95	1.45	6.-	2.60	1.90
6	10	5	6.-	2.50	2.-	6.-	3.50	2.65
(7)	11	5,5	8.70	5.70	4.50			
8	13	6,5	6.-	3.95	3.40	8.60	5.50	4.15
10	17 ISO 16	8	8.90	6.70	5.40	13.80	9.10	7.60
12	19 ISO 18	10	12.50	9.90	8.10	16.-	13.90	10.80
(14)	22 ISO 21	11	21.-	16.60	14.10	24.50	19.20	17.10
16	24	13	23.25	17.60	14.80	34.-	25.50	22.75
(18)	27	15	40.50	33.75		55.-	46.-	
20	30	16	49.-	35.50		61.50	47.50	43.50
(22)	32 ISO 34	18	74.-	59.50				
24	36	19	89.-	70.50		122.-	98.50	
(27)	41	22	159.-	120.-				
30	46	24	197.-	147.-		225.-	201.-	
(33)	50	26	286.-					
36	55	29	378.-					
(39)	60	31	530.-					
42	65	34	655.-					
45	70	36	745.-					
48	75	38	885.-					
(52)	80	42	1100.-					
56	85	45	1480.-					
(60)	90	48	2300.-					
64	95	51	3600.-					

# 8

Hex nuts, steel

DIN 934



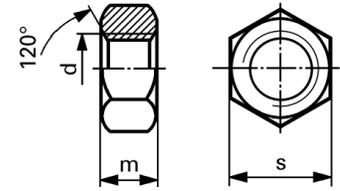
ISO 4032

d	zinc plated			yellow zinc plated			hot dip galvanized			
	quantity	100	1000	10 000	100	1000	10 000	100	1000	10 000
M										
2		6.-	2.30	1.75	6.-	2.35	1.90			
2,5		6.-	2.30	1.75	6.-	2.35	1.90			
3		6.-	1.60	1.10	6.-	1.65	1.20			
(3,5)		6.-	2.30	1.80	6.-	2.50	1.95			
4		6.-	1.90	1.35	6.-	1.95	1.40			
5		6.-	2.20	1.70	6.-	2.40	1.80			
6		6.-	3.-	2.30	6.-	3.10	2.40	20.75	12.90	9.60
(7)		8.80	6.10	4.70						
8		7.-	4.60	3.55	7.80	5.-	3.75	14.10	8.80	6.60
10		10.80	7.80	6.10	12.50	8.30	6.70	26.75	16.50	12.60
12		13.80	12.-	9.40	16.90	13.20	10.-	33.25	20.50	15.60
(14)		22.75	17.60	15.-	25.25	18.30	16.30	65.50	42.50	32.75
16		26.-	19.30	18.20	27.75	19.90	18.80	52.50	40.-	31.-
(18)		50.-	42.50		62.50	48.-		97.-	65.50	
20		54.-	40.-		57.50	42.50		92.50	62.-	
(22)		84.-	69.-					151.-	101.-	
24		101.-	78.50		113.-	92.-		152.-	102.-	
(27)		178.-	135.-		199.-	154.-		246.-	173.-	
30		244.-	183.-		302.-	218.-		326.-	229.-	
(33)		354.-			420.-			545.-		
36		430.-			505.-			610.-		
(39)		615.-			695.-			935.-		
42		865.-			889.-			1210.-		
45		975.-								
48		1150.-						1400.-		
(52)		1420.-								
56		1930.-								
(60)		2700.-								
64		3950.-								

# 8

Hex nuts, steel

## DIN 934



Fine thread

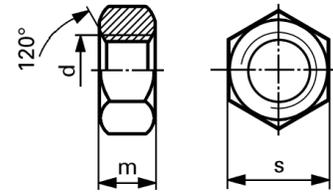
ISO 8673

d	s	m	plain		zinc plated	
			100	1000	100	1000
quantity			100	1000	100	1000
MF						
6 x 0,75	10	5	12.70	8.40	14.60	9.70
8 x 1	13	6,5	10.90	7.30	13.20	8.80
10 x 1	17 ISO 16	8	19.-	12.50	23.75	15.70
10 x 1,25	17 ISO 16	8	21.75	14.30	26.50	17.50
12 x 1	19 ISO 18	10	31.75	21.-	38.75	26.75
12 x 1,25	19 ISO 18	10	33.-	22.75	39.75	27.50
12 x 1,5	22 ISO 21	10	34.-	23.60	40.-	27.80
14 x 1	22 ISO 21	11	52.50	36.25	62.-	43.-
14 x 1,5	22 ISO 21	11	47.50	32.75	57.-	39.25
16 x 1	24	13	77.-	53.-	89.-	64.-
16 x 1,5	24	13	50.-	34.25	59.-	40.50
18 x 1,5	27	15	82.50	66.50	99.-	79.-
18 x 2	27	15	101.-	79.-	123.-	88.-
20 x 1,5	30	16	84.50	69.-	101.-	81.50
20 x 2	30	16	130.-	93.50	153.-	109.-
22 x 1,5	32 ISO 34	18	153.-	114.-	179.-	134.-
22 x 2	32 ISO 34	18	166.-	125.-	195.-	146.-
24 x 1,5	36	19	195.-	146.-	230.-	173.-
24 x 2	36	19	202.-	152.-	240.-	179.-
27 x 1,5	41	22	306.-	229.-	358.-	270.-
27 x 2	41	22	272.-	205.-	326.-	245.-
30 x 1,5	46	24	392.-	294.-	490.-	366.-
30 x 2	46	24	368.-	276.-	440.-	332.-
33 x 1,5	50	26	755.-	565.-	860.-	640.-
33 x 2	50	26	635.-		750.-	
36 x 1,5	55	29	1090.-		1230.-	
36 x 3	55	29	680.-		805.-	
42 x 3	65	34	1000.-			

# 8

Hex nuts, steel

DIN 934



Left hand thread

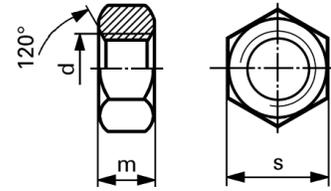
ISO 4032

d	s	m	plain		zinc plated		black	
			100	1000	100	1000	100	
quantity			100	1000	100	1000	100	
ML								
4 L	7	3,2	10.60	7.-	11.60	7.70		
5 L	8	4	11.-	7.70	12.10	8.30		
6 L	10	5	11.50	7.80	13.-	8.95	18.70	
8 L	13	6,5	12.-	7.90	14.20	9.50	19.45	
10 L	17 ISO 16	8	22.-	14.70	27.-	17.80	33.-	
12 L	19 ISO 18	10	31.75	21.-	37.50	25.75	43.50	
(14 L)	22 ISO 21	11	65.50	50.-	71.50	57.-	86.70	
16 L	24	13	75.50	57.-	84.50	65.-	91.10	
(18 L)	27	15	182.-	123.-				
20 L	30	16	139.-	103.-	160.-	120.-	182.-	
(22 L)	32 ISO 34	18	231.-	169.-				
24 L	36	19	288.-	216.-	350.-	262.-		
(27 L)	41	22	450.-					
30 L	46	24	575.-					
36 L	55	29	1460.-					

# 8

Hex nuts, steel

~ DIN 934



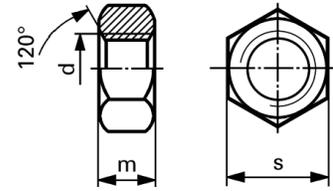
UNC / UNF

d	s	m	threads per inch		plain		zinc plated	
			UNC	UNF	100	1000	100	1000
quantity			UNC	UNF	100	1000	100	1000
UNC / UNF								
1/4 "	11,1	5,6	20	28	16.40	10.90	18.10	12.-
5/16 "	12,7	6,7	18	24	22.25	14.80	24.50	16.20
3/8 "	14,3	8,3	16	24	32.75	22.50	36.25	25.-
7/16 "	17,5	9,5	14	20	47.-	32.25	52.50	36.25
1/2 "	19	11,1	13	20	54.50	37.75	62.-	43.-
9/16 "	22,2	12,3	12	18	86.50	62.-	95.-	68.50
5/8 "	23,8	13,9	11	18	99.-	71.-	113.-	81.-
3/4 "	28,6	16,3	10	16	170.-	127.-	191.-	144.-
7/8 "	33,3	19,1	9	14	272.-	205.-	312.-	234.-
1 "	38,1	21,8	8	12	400.-	302.-	460.-	344.-

# 8

Hex nuts, steel

DIN 934



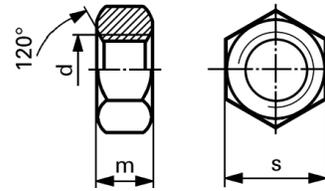
Whitworth

d	s	m	plain		zinc plated	
			100	1000	100	1000
quantity			100	1000	100	1000
Ww						
1/4"	11	5,5	16.30	10.80	17.90	12.05
5/16"	14	6,5	25.75	17.-	28.75	19.35
3/8"	17	8	37.25	25.75	42.70	30.05
1/2"	22	10	83.-	57.-	95.25	66.50
5/8"	27	13	110.-	79.50	132.-	96.-
3/4"	32	16	184.-	138.-	220.-	166.-
7/8"	36	18	260.-	196.-	312.-	235.-
1 "	41	20	435.-	340.-	507.-	396.-
1 1/8"	44	23	545.-	366.-		
1 1/4"	50	25	710.-	560.-		
1 3/8"	55	28	985.-	800.-		
1 1/2"	60	30	1220.-	915.-		

## 8 quenched and tempered

Hex nuts, steel

DIN 934



ISO 4032

d1	s	m	hardness		plain		zinc plated	
			Vickers HV		100	1000	100	1000
quantity			min.	max.				
M								
20	30	16	233	353	87.50	61.–	117.–	81.50
(22)	32 ISO 34	18	233	353	110.–	76.50	138.–	120.–
24	36	19	233	353	131.–	91.–	185.–	134.–
(27)	41	22	233	353	185.–	134.–	282.–	205.–
30	46	24	233	353	249.–	180.–	380.–	276.–
(33)	50	26	233	353	410.–	298.–	575.–	415.–
36	55	29	233	353	515.–	376.–	745.–	540.–
(39)	60	31	233	353	715.–			
42	65	34	233	353	1650.–			
48	75	38	233	353	2530.–			
56	85	45	233	353	3510.–			

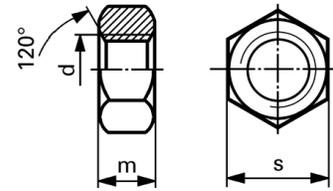
## 10 quenched and tempered

d1	s	m	hardness		plain		zinc plated	
			Vickers HV		100	1000	100	1000
quantity			min.	max.				
M								
5	8	4	272	353	9.–	5.90	10.–	6.40
6	10	5	272	353	8.80	5.70	11.30	6.50
8	13	6,5	272	353	13.40	8.80	19.30	12.30
10	17 ISO 16	8	272	353	24.75	16.10	32.75	20.50
12	19 ISO 18	10	272	353	33.75	23.–	40.50	31.75
(14)	22 ISO 21	11	272	353	51.50	34.75	62.50	46.–
16	24	13	272	353	62.–	42.–	73.–	53.50
(18)	27	15	272	353	103.–	73.–	128.–	102.–
20	30	16	272	353	107.–	75.50	131.–	105.–
(22)	32 ISO 34	18	272	353	151.–	111.–	208.–	151.–
24	36	19	272	353	160.–	117.–	230.–	173.–
(27)	41	22	272	353	215.–	167.–	292.–	226.–
30	46	24	272	353	306.–	233.–	376.–	310.–
(33)	50	26	272	353	450.–			
36	55	29	272	353	550.–			
(39)	60	31	272	353	720.–			

# 5-2

Hex nuts, steel

ISO 4032



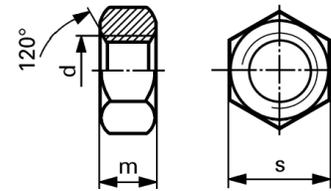
DIN 934

d	s	m	plain		yellow zinc plated		zinc plated coated w	
Molykote								
M								
8	13	6,8			28.-	21.10		
10	16	8,4			24.50	17.60		
12	18	10,8	21.-	14.60	22.75	15.30	37.-	32.-
16	24	14,8	31.50	25.10	35.-	29.-	59.-	49.50
20	30	18	55.80	47.90	62.50	54.-	99.50	81.50
24	36	21,5	85.80	79.60	101.-	86.-	142.-	118.-
(27)	41	23,8	138.-	120.-	158.-	130.-		
30	46	25,6	185.-	161.-	212.-	182.-		
(33)	50	28,7			330.-	280.-		
36	55	31	338.-	298.-	378.-	324.-		

# 8

Hex nuts, steel

ISO 4032

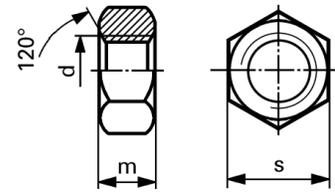


d	s	m	plain			zinc plated		
			100	1000	10 000	100	1000	10 000
quantity								
M								
2	4	1,6	6.50	2.-	1.45	6.50	2.20	1.70
3	5,5	2,4	6.-	1.75	1.-	6.-	1.90	1.20
4	7	3,2	6.-	1.90	1.20	6.-	2.-	1.35
5	8	4,7	6.-	2.15	1.65	6.-	2.45	1.85
6	10	5,2	6.10	2.75	2.10	6.50	3.25	2.45
8	13	6,8	6.50	4.50	3.40	9.50	6.10	4.80
10	16	8,4	9.60	7.20	6.40	12.10	9.80	8.30
12	18	10,8	14.-	10.10	9.-	16.40	13.-	11.30
(14)	21	12,8	24.-	17.-	15.60			
16	24	14,8	25.50	18.55	16.90	38.75	31.-	28.25
20	30	18	49.50	33.60		62.50	46.-	
24	36	21,5	81.-	58.-		118.-	95.-	
(27)	41	23,8				198.-	162.-	
30	46	25,6	150.-	110.-		242.-	210.-	
36	55	31	535.-	405.-		605.-	465.-	
left hand thread								
8 L	13	6,8				17.-	10.45	
10 L	16	8,4				31.-	19.50	
12 L	18	10,8				43.10	28.30	

# 10

Hex nuts, steel

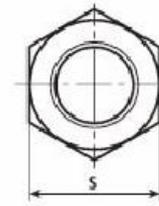
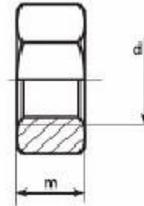
ISO 4032



d	s	m	plain		
quantity			100	1000	10 000
M					
5	8	4,7	8.40	4.40	3.50
6	10	5,2	8.50	4.50	3.60
8	13	6,8	18.70	13.-	11.10
10	16	8,4	25.-	16.60	14.20
12	18	10,8	43.50	30.25	27.70
16	24	14,8	63.50	42.50	39.80
20	30	18	165.-	127.-	
24	36	21,5	203.-	175.-	
(27)	41	23,8	286.-	218.-	

# DIN 934

ISO 4032 EN 24032



## Hexagon nuts

d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
P	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*	22/21*

d	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
P	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
m	13	15	16	18	19	22	24	26	29
s	24	27	30	32/34*	36	41	46	50	55

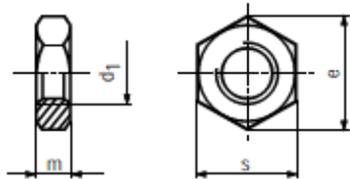
  

d	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M68
P	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6
m	31	34	36	38	42	45	48	51	54
s	60	65	70	75	80	85	90	95	100

d	M72	M76	M80	M90	M100	M110
P	6	6	6	6	6	6
m	58	61	64	72	80	88
s	105	110	115	130	145	155

**Sechskantmuttern ~0,5 d**  
**Ecrous hexagonaux ~0,5 d**  
**Dadi esagonali ~0,5 d**



<b>DIN 439<sup>1)</sup> B</b>	<b>A2/A4</b>
-ISO 4035	
<b>BN 630</b>	<input type="checkbox"/> A2
<b>BN 631</b>	<input type="checkbox"/> A4

Werkstoff: **A2 / A4**  
 Matière:

<b>d<sub>1</sub></b>	<b>e</b>	<b>s</b>	<b>m</b>
<b>2</b>	4,32	4	1,2
<b>2,5</b>	5,45	5	1,6
<b>3</b>	6,01	5,5	1,8
<b>(3,5)</b>	6,58	6	2
<b>4</b>	7,66	7	2,2
<b>5</b>	8,79	8	2,7
<b>6</b>	11,05	10	3,2
<b>8</b>	14,38	13	4
<b>10</b>	18,9	17/16*	5
<b>12</b>	21,1	19/18*	6
<b>(14)</b>	24,49	22/21*	7
<b>16</b>	26,75	24	8
<b>20</b>	32,95	30	10
<b>24</b>	39,55	36	12
<b>(27)</b>	45,2	41	13,5
<b>30</b>	50,85	46	15
<b>(33)</b>	55,37	50	16,5
<b>36</b>	60,79	55	18
<b>(39)</b>	66,44	60	19,5
<b>42</b>	71,3	65	21

**M**

<sup>1)</sup> Norm zurückgezogen und im Rahmen der Europäischen Normung durch die entsprechende ISO-Norm ersetzt.  
 Norme abroquée et remplacée dans le cadre de la normalisation européenne par la norme ISO correspondante.



