

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Diseño de instrumentos ligeros,
resistentes, duraderos y
reciclables de base polimérica
para cortar, preparar e ingerir
alimentos en aplicaciones y usos
comerciales.

Autor: EDWIN OLIVER SABATER

Dirigido por: David García Sanoguera
Octavio Ángel Fenollar Gimeno

Curso: 2018-2019
Convocatoria de defensa: Julio de 2019

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el estudio del diseño, cálculo y fabricación de una cubertería básica compuesta por tenedor, cuchara y cuchillo de un material termoplástico reciclable, teniendo en cuenta que su objetivo es que se trate de instrumentos duraderos y reutilizables, hasta el punto de poder sustituir a una cubertería metálica. En el trabajo se llevará a cabo el diseño de las tres piezas y la simulación de las mismas a requisitos mecánicos. Además se procederá al estudio del procesado de inyección de plásticos mediante una simulación con la herramienta informática Moldflow y la selección de un material termoplástico que ofrezca las propiedades óptimas para este producto, tanto por propiedades mecánicas como por restricciones de toxicidad, pues se trata de objetos que estarán en contacto con alimentos que serán ingeridos posteriormente. Por último se realizará el estudio económico teniendo en cuenta cada una de las partes que lo integran y el alcance que puede tener el producto, pues está pensado para destinarse a reducir el peso de carga en aviones, barcos u otros tipos de trayectos comerciales.

PALABRAS CLAVE (orden alfabético): cubertería, cuchara, cuchillo, diseño mecánico, inyección, reciclaje, reutilizable, simulación, tenedor, termoplástico.

SUMMARY

The objective of this dissertation is to study the design, calculation and manufacturing of a basic cutlery set compounded of fork, spoon and knife made of a recyclable thermoplastic material, taking into account that its objective is to be durable and reusable instruments, to the point of be able to replace a metal cutlery. In the work will be carried out the design of the three pieces and the simulation of the same to mechanical requirements. In addition, we will proceed to the study of plastic injection processing by means of a simulation with the Moldflow computer tool and the selection of a thermoplastic material that offers the optimal properties for this product, both by mechanical properties and by toxicity restrictions, because they are objects that will be in contact with food that will be eaten later. Finally, the economic study will be carried out taking into account each one of the parts that integrate it and the scope that the product may have, because it is designed to be used to reduce the weight of cargo in airplanes, ships or other types of commercial routes.

KEY WORDS (alphabetical order): cutlery, fork, injection, knife, mechanical design, recycling, reusable, simulation, spoon, thermoplastic.

RESUM

Aquest treball té com objectiu l'estudi del disseny, càlcul i fabricació d'una coberteria bàsica composta per forqueta, cullera i ganivet d'un material termoplàstic reciclable, tenint en compte que el seu objectiu és que es tracte d'instruments duradors i reutilitzables, fins el punt de poder substituir una coberteria metàl·lica. En el treball es portarà a terme el disseny de tres peces i la simulació de les mateixes a requisits mecànics. A més a més, es farà un estudi del processat per injecció de plàstics mitjançant una simulació amb la ferramentà informàtica Moldflow i la selecció d'un material termoplàstic que ofereixi les propietats òptimes per a aquest producte, tant per propietats mecàniques com per restriccions de toxicitat, ja que es tracta d'objectes que hauran d'estar en contacte amb aliments que seran posteriorment ingerits. Per últim es realitzarà l'estudi econòmic tenint en compte cadascuna de les parts que l'integren i l'abast que pot tindre el producte, doncs està pensat per ser destinat a reduir el pes de càrrega en avions, vaixells o altres tipus de trajectes comercials.

PARAULES CLAU (ordre alfabètic): coberteria, cullera, disseny mecànic, forqueta, ganivet, injecció, reciclatge, reutilitzable, simulació, termoplàstic.

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
RESUM	3
I. INTRODUCCIÓN	7
I.1. ABREVIATURAS	8
I.2. ANTECEDENTES	9
I.2.1. Evolución de los cubiertos	9
I.2.1.1. Cuchara.....	10
I.2.1.2. Tenedor.....	10
I.2.1.3. Cuchillo.....	11
I.2.2. Tecnología actual	12
I.2.2.1. Tipos de cucharas	12
I.2.2.2. Tipos de tenedores	12
I.2.2.3. Tipos de cuchillos.....	13
I.2.2.4. Materiales.....	14
I.2.2.4.A. Acero inoxidable.....	14
I.2.2.4.B. Madera	14
I.2.2.4.C. Plástico.....	15
I.2.2.4.D. Otros materiales	16
I.2.2.5. Clases de cuberterías.....	17
I.2.2.6. Protocolo para el uso de cubiertos	17
I.2.3. Enfoque ecológico.....	18
I.2.3.1. Reciclar.....	18
I.2.3.1.A. Códigos para el reciclaje de plásticos.....	18
I.2.3.2. Reutilizar	20
I.2.3.3. Reducir	20
I.2.3.4. Biodegradabilidad	21
I.2.3.5. Más simbología	22
I.2.4. Alcance económico.....	23
I.3. JUSTIFICACIÓN.....	23
II. OBJETIVOS	25
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	26
II.2. OBJETIVOS Y RESTRICCIONES PARTICULARES.....	26

III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	27
III.1.	METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	28
III.1.1.	Secuencia de trabajo.....	28
III.2.	SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ÓPTIMO	30
III.3.	SELECCIÓN DEL MATERIAL.....	31
III.3.1.	Selección de posibles materiales	31
III.3.1.1.	Comparación de materiales	32
III.3.1.1.A.	Polietileno (PE).....	32
III.3.1.1.B.	Polipropileno (PP).....	33
III.3.2.	Elección del material	33
III.3.2.1.	Elección del fabricante.....	34
III.4.	DISEÑO DE LAS PIEZAS	34
III.4.1.	Diseño del tenedor	35
III.4.2.	Diseño de la cuchara.....	38
III.4.3.	Diseño del cuchillo.....	41
III.4.4.	Comparación del tamaño de los cubiertos	44
III.5.	SIMULACIONES DE ESFUERZOS.....	44
III.5.1.	Estudio de esfuerzos del tenedor	45
III.5.1.1.	Preparación de la pieza.....	45
III.5.1.2.	Análisis de resultados.....	45
III.5.2.	Estudio de esfuerzos de la cuchara.....	46
III.5.2.1.	Preparación de la pieza.....	46
III.5.2.2.	Análisis de resultados.....	47
III.5.3.	Estudio de esfuerzos del cuchillo	48
III.5.3.1.	Preparación de la pieza.....	48
III.5.3.2.	Análisis de resultados.....	48
III.6.	REDISEÑO DE LAS PIEZAS.....	49
III.6.1.	Rediseño de la geometría del tenedor.....	49
III.6.2.	Simulaciones con el tenedor rediseñado.....	50
III.7.	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN (INYECCIÓN).....	51
III.7.1.	Preparación del modelo	51
III.7.2.	Simulación del proceso.....	53
III.8.	ESTUDIO ECONÓMICO	56
IV.	CONCLUSIONES.....	59
V.	ANEXO 1 - REFERENCIAS	61

VI.	ANEXO 2 - PLANOS	63
VII.	ANEXO 3 - HOJA TÉCNICA DEL MATERIAL	67
VIII.	ANEXO 4 - NORMATIVA Y LEGISLACIÓN	69
VIII.1.	NORMATIVA	70
VIII.2.	LEGISLACIÓN.....	70
VIII.2.1.	Disposiciones comunitarias de directa aplicación	70
VIII.2.2.	Disposiciones nacionales	70
IX.	ANEXO 5 - LISTADOS	71
IX.1.	LISTADO DE FIGURAS	72
IX.2.	LISTADO DE TABLAS	73

I. INTRODUCCIÓN

I.1. ABREVIATURAS

❖ CO ₂	Dióxido de carbono
❖ HDPE	High density polyethylene
❖ LDPE	Low density polyethylene
❖ MDPE	Medium density polyethylene
❖ PC	Policarbonato
❖ PE	Polietileno
❖ PEAD	Polietileno de alta densidad
❖ PEBD	Polietileno de baja densidad
❖ PET	Polietileno tereftalato
❖ PETE	Polietileno tereftalato
❖ PLA	Ácido poliláctico
❖ PP	Polipropileno
❖ PS	Poliestireno
❖ PVC	Cloruro de polivinilo
❖ T _m	Temperatura de fusión

I.2. ANTECEDENTES

I.2.1. Evolución de los cubiertos

El concepto de cubierto viene descrito como utensilio utilizado, generalmente, para llevar alimentos a la boca o cortarlos en partes más pequeñas. Los más habituales son la cuchara, el tenedor y el cuchillo, de los cuales existe una gran variedad para que se usen dependiendo de lo que se vaya a comer.

Aun así hoy en día se utilizan también en la preparación de estos alimentos para que puedan ser ingeridos, ya sea en modificaciones de tamaño y formas de los anteriores ya comentados (cuchillo de pan o de queso), otro tipo de cubiertos (palillos chinos) o los mismos utilizados para ingerir los alimentos en la mesa.



Figura I.1. Cubertería con varios tipos de cucharas, cuchillos y tenedores.

Los cubiertos en sí no surgieron al mismo tiempo, y tampoco fabricados de los mismos materiales, pues los cuchillos, por ejemplo, empezaron como objetos de piedra cortantes, como las puntas de flecha y fueron evolucionando hasta lo que son ahora pasando por espadas, navajas de afeitado...

La evolución de los cubiertos, viene también acorde con las “normas de etiqueta” generándose así los diferentes tamaños y formas e implementando el uso de varios diferentes en las comidas.

Es al principio del siglo XX con la invención del acero inoxidable que se empiezan a producir fácilmente las cuberterías de este material aplicando también diferentes modificaciones de diseño, sobretodo estéticas.

Poco después, con el surgimiento del plástico se empiezan a fabricar cubiertos de usar y tirar así como híbridos (p.e.: cuchillo-tenedor).

I.2.1.1. Cuchara

La cuchara surge de la necesidad de un recipiente donde se pueda mantener el alimento o un líquido, llegando a ser, en su origen, simples objetos como una piedra con la forma correspondiente o una concha marina.

Las primeras cucharas fabricadas de la historia estaban talladas en madera, cuerno o hueso, y al producirse artesanalmente no había dos iguales, pero eso no importaba mientras cumpliesen su función.

Poco a poco, con la necesidad, el uso de la cuchara se fue extendiendo por el mundo mientras las diferentes comunidades añadían mejoras que se adaptasen a sus costumbres al comer y a los alimentos que consumían.

Con la aparición de las “buenas costumbres” se empieza a aconsejar el uso de la cuchara, y aparecen así formas estándar de cucharas. La mayoría eran de madera, pero se producían de oro y plata para la nobleza. Mientras en Alemania se fabricaban de porcelana, en Rusia de esmaltes translúcidos o de cristal y en China de marfil.

El aspecto de las cucharas se va modificando a lo largo de la historia hasta que alrededor del siglo XVIII recibe su aspecto actual.



Figura I.2. Evolución de la cuchara.

I.2.1.2. Tenedor

En comparación a la cuchara y el cuchillo la aparición del tenedor llega de forma tardía, pues la comida sólida siempre se ha podido comer con las manos.

Los primeros tenedores que se utilizaron poseían solo dos dientes, por lo que solo utilizaban para servir y cocinar comida y solían estar hechos de madera o hueso. Posteriormente, con la industria metalúrgica se empezaron a fabricar de metales como la plata.

La forma actual con cuatro puntas se implementó para que el utensilio no sirviese solo para pinchar, sino también para que se pudiesen recoger alimentos del plato.

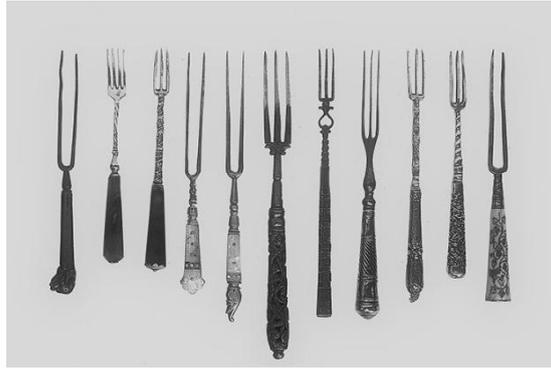


Figura I.3. Evolución del tenedor.

I.2.1.3. Cuchillo

El cuchillo nace con la necesidad del ser humano de un instrumento cortante y/o punzante para cazar animales. Por esto los primeros existentes eran cantos de piedra o piedras talladas que servían para destripar y matar animales.

Los cuchillos fueron los primeros en producirse de metal, pero el objetivo de estos eran usos militares o de caza, y solían ser de doble filo. Con el tiempo se apreció la gran utilidad del instrumento y se fueron produciendo otros tipos de cuchillos dependiendo del uso que se le quisiese dar. Ya fuesen espadas para la batalla, cuchillos para construcción o cuchillos para cocinar.

La producción de cuchillos fue cambiando el metal de modo que se mejorasen las propiedades, sobretodo la durabilidad y el mantenimiento. Pasaron por el bronce, el hierro y el acero.

Es en el siglo XVII cuando se introduce el uso del cuchillo a la mesa, teniendo como objetivo servir como un instrumento para tratar los alimentos según las “normas de etiqueta”.

Poco a poco se definió la forma actual de los cuchillos, y con la llegada del acero inoxidable se definió la forma de mesa que se conoce hoy en día.



Figura I.4. Evolución del cuchillo.

I.2.2. Tecnología actual

Hoy en día existe una gran variedad de formas y tamaños de cubiertos, que como ya se ha comentado son el conjunto de utensilios que a la mesa sirven para llevar los alimentos a la boca o cortarlos en partes más pequeñas.

I.2.2.1. Tipos de cucharas:

- Cuchara sopera o de sopa: con un tamaño similar al tenedor y al cuchillo de mesa es la cuchara de mayor tamaño y por tanto la que mas comida puede cargar.
- Cuchara de café o de té: al contrario que la anterior esta es la cuchara más pequeña, y no se utiliza para recoger alimento, sino para mezclar el azúcar, leche... con la bebida caliente correspondiente.
- Cuchara de caviar: esta cuchara específica consta de un mango largo y una punta pequeña y redonda.
- Cuchara de postre: es una de las más pequeñas, y tiene la misma forma que la cuchara sopera, aunque con el tamaño reducido.
- Cuchara de consomé: tiene un tamaño ligeramente más pequeño que la cuchara sopera y un poco más ancha que la de postre.

A parte de estas existen otras que sirven para servir y repartir los alimentos entre los comensales.



Figura I.5. Ejemplos de tipos de cuchara.

I.2.2.2. Tipos de tenedores

- Tenedor de mesa: de tamaño grande y con cuatro dientes largos. Es el más utilizado.
- Tenedor de caracoles: consta de un cuello lardo terminado en dos afiladas puntas para extraer la carne.
- Tenedor de ensalada: más pequeño que el tenedor de mesa, pero con tres dientes.
- Tenedor de postre: igual que con la cuchara de postre este es un tenedor con la misma forma que su homónimo de mesa, pero con tamaño reducido.
- Tenedor de mariscos: pequeño, con tres dientes en forma de tridente.
- Tenedor de ostras: es parecido al tenedor de postres, pero este es más grueso y con tres dientes para sacar el contenido.
- Tenedor de pescado: ancho, plano y con cortos dientes. La separación de los dientes centrales es más honda.

Igual que con las cucharas, existen otros modelos que sirven para servir los alimentos.



Figura I.6. Ejemplo de tipos de tenedores.

I.2.2.3. Tipos de cuchillos

- Cuchillo de mesa: posee el mismo tamaño que la cuchara y el tenedor de mesa, pero dispone de poco filo y tiene la punta redondeada. Aun así es el más utilizado.
- Cuchillo de carne: tiene el mismo tamaño que el anterior, pero se diferencia por poseer un filo más pronunciado y con una sierra muy marcada. Este es también un cuchillo muy versátil y el segundo más utilizado.
- Cuchillo de mantequilla: se trata de un cuchillo casi sin filo, sin sierra y con la hoja curva.
- Cuchillo de pan: puede ser de diferentes tamaños, habitualmente más grande que el cuchillo de mesa, pero siempre con una sierra muy marcada para cortar el pan.
- Cuchillo de queso: las formas varían dependiendo del tipo de queso que se pretenda cortar. Algunos tienen una doble punta para pinchar el trozo cortado.
- Cuchillo de pescado: tiene forma de pala, es liso y no tiene filo. Sirve para separar más que para cortar.
- Cuchillo de postre: es el más pequeño de todos, no tiene punta y posee poco filo.

Como en los casos anteriores existen otras variedades de cuchillos para servir y cocinar.



Figura I.7. Ejemplo de tipos de cuchillos.

Pese a la gran variedad de tipos de cubiertos, con los diseñados en este proyecto se puede subsanar la mayor parte de los usos, pues tanto el tenedor de mesa, el cuchillo de sierra y la cuchara sopera se pueden utilizar en la mayoría de los casos.

I.2.2.4. Materiales

Los materiales con los que se fabrican las cuberterías para las casas actualmente varían según fabricantes. Por un lado existen productos formados por una pieza maciza, de un solo material, mientras que otras se componen de dos o más piezas que forman el cubierto resultante, y por otro dependiendo de su uso o de la capacidad de adquisición de algunos sectores se pueden llegar a fabricar de metales preciosos.

Aquellos cubiertos formados por más de un material suelen ser los cuchillos, pues se realiza la hoja con espigas ocultas o con la unión de dos piezas mediante pasadores. En ambos casos se hace por estética, lo que lleva a realizar encabados dándoles un aspecto más atractivo. Los procedimientos de unión suelen ir reforzados por adhesivos como la resina epoxi. Los materiales para estos mangos pueden variar desde la madera o una cobertura plástica hasta cuerno de animal.

I.2.2.4.A. Acero inoxidable

Hoy en día la mayoría de las cuberterías son metálicas, sobretodo de acero inoxidable, pues se puede lavar repetidas veces sin que este se deteriore. Se trata de un material de fácil procesado y fácil de obtener, por lo que las empresas no dudan en utilizarlo para la producción de sus productos.



Figura I.8. Cubiertos de acero inoxidable de una sola pieza.

Este material se suele usar para hacer piezas macizas o para la parte del cubierto que toca el alimento en el caso de ser un cubierto formado por más de una pieza.

I.2.2.4.B. Madera

La madera es un material que ya no se usa demasiado para comer, pues al absorber mucho la humedad puede generar bacterias que contaminen la comida o que pasen directamente a la boca de la gente. Por esto los cubiertos de este material están en extinción, tanto para comer como para cocinar.



Figura I.9. Cubiertos de madera de una sola pieza.

Por otro lado, el material si se sigue usando para mangos de todo tipo de manera que no influyan en la zona de contacto con la comida o la boca del usuario.



Figura I.10. Cubiertos con mango de madera.

I.2.2.4.C. Plástico

Con el auge del plástico y de los productos fabricados con la gran variedad de polímeros que engloba la palabra, no podía ser menos el sector alimenticio, entre ellos los cubiertos.

La cubertería de plástico suele ser de un solo uso, motivo por el cual se está intentando reducir su uso en todo el mundo, hasta el punto que en algunos países, sobretodo occidentales, se ha prohibido la utilización de plásticos de un solo uso, y con ello las cuberterías de usar y tirar no se pueden distribuir. El polímero utilizado habitualmente en este tipo de cuberterías es el PS.



Figura I.11. Cubiertos de PS de un solo uso.

Dentro de los plásticos también se investiga en productos biodegradables como ahora el PLA, y por tanto se piensa en la sustitución de las cuberterías de un solo uso que se fabrican con materiales de difícil degradación por estos nuevos materiales en investigación.

Por supuesto, no solo existen cuberterías de plástico de un solo uso, sino que también hay otros materiales, habitualmente PP, un commodity con gran versatilidad que puede cumplir con la función deseada.

Pese a esto, los cubiertos de plástico no son los preferidos para tener en casa, por lo que suelen fabricarse cubiertos para niños o para ir de camping.



Figura I.12. Cubiertos de PP de una sola pieza.

En cambio, el plástico si se utiliza para realizar mangos y encabados el cubiertos de acero inoxidable, de modo que se genere un cubierto que resbale menos, pues los polímeros poseen una superficie mas rugosa y que genera mayor fricción.



Figura I.13. Cubiertos con mango de plástico.

I.2.2.4.D. Otros materiales

Hay más materiales que se usan para la fabricación de cubiertos, o por lo menos para los mangos o para decorarlos.

En el sector metálico se pueden encontrar cuberterías de oro y plata, aunque estos están destinados a familias con gran poder adquisitivo, pues el precio tanto del material como de su procesado es mucho mayor que el que se puede aplicar a materiales como los aceros o los polímeros. También existe un metal llamado “alpaca” que se asemeja en aspecto a la plata, pero está compuesto por una aleación de zinc, cobre y níquel.

A parte de los nuevos plásticos biodegradables también se está investigando en materiales que se produzcan a partir de alimentos o de alguna proteína que estos puedan generar, de modo que en caso de ser desechados pueden servir para nutrir la tierra. Un ejemplo de esto es un nuevo material a partir de la fécula de la patata.

Por último, también se pueden encontrar otros materiales concretos que por “normas de protocolo” deben utilizarse para alguna pieza en la mesa. Un caso de esto son las cucharas de caviar, que generalmente están fabricadas de madre perla, cristal o hueso.



Figura I.14. Cubertería de oro y plata.

I.2.2.5. Clases de cuberterías

Las cuberterías pueden ser más completas o más sencillas, tanto en las casas como en locales dedicados a la restauración. Dependiendo del “caché” del lugar se pueden encontrar cuberterías con gran variedad de piezas que se usen para diferentes propósitos, o lugares en que los platos se sirven cada vez con el cubierto correspondiente con el que se debe tomar el alimento servido.

Normalmente se suelen encontrar cuberterías muy básicas compuestas por un tenedor, un cuchillo y dos cucharas. Una sopera y otra para el postre. Estas dos últimas muchas veces no se ven por que el tipo de comida a servir no lo requiere, y las cucharitas de café se sirven con este.

I.2.2.6. Protocolo para el uso de cubiertos

El protocolo del uso de cubiertos se considera en algunos lugares un arte, tanto por colocación en la mesa como por el orden y forma de usarlos con las diferentes comidas. La “norma de etiqueta” establece que los cubiertos se deben colocar en la mesa en orden inverso al que se van a usar. Es decir, el tenedor del último plato será el más cercano al plato, mientras que el usado para los entrantes, en caso de que haya en el menú, estará mucho más alejado. Por otro lado, los cubiertos para el postre se ponen entre el plato y las copas en frente del comensal.

Dentro de este orden también se debe tener en cuenta que los tenedores se colocarán en la parte izquierda del plato mientras que las cucharas y cuchillos lo harán en la parte derecha, siguiendo el mismo orden de uso.



Figura I.15. Protocolo de colocación de cubiertos.

I.2.3. Enfoque ecológico

El proyecto en cuestión va enfocado de algún modo, en mayor o menor cantidad, a cumplir con el propósito de la llamada “Regla de las 3R”, reciclar, reutilizar y reducir.

I.2.3.1. Reciclar

El reciclaje se define como un proceso con el objetivo de convertir los desperdicios de un producto ya utilizado en materia para la fabricación de un nuevo producto. Este es un punto muy importante en la reducción de la contaminación hoy en día, pues al ver como sale perjudicado el planeta con los desperdicios humanos cada vez se facilita más la labor del reciclaje para el usuario común, pero aun así la población no esta tan concienciada como parece.

Aunque cada vez menos, se siguen desechando muchos desperdicios a la naturaleza, y no solo por el hecho de la falta de reciclaje, el problema también surge en que la población tiene poca conciencia también de la importancia de depositar los desechos que generan a la basura. De esta manera se provoca una lenta acumulación de basuras que termina siendo perjudicial para la naturaleza.

El objetivo del proyecto es que las piezas sean fabricadas de un polímero fácilmente reciclable, como un commodity, por ejemplo. De este modo, en caso de desechar el producto por alguna razón como por ejemplo la rotura de este, puede ser reconvertido en otro producto.



Figura I.16. Resultados del reciclaje.

I.2.3.1.A. Códigos para el reciclaje de plásticos

El amplio uso de los commodities ha llevado a la generación de un código que marca el material del que está fabricado un producto plástico, facilitando así la labor en las plantas de reciclado para separar unos productos de otros y poder convertir los desperdicios en otro producto.



Figura I.17. Códigos de clasificación de resina plásticas.

1. PET o PETE: polímero compatible con alimentos que se suele usar para envases de bebida. Es transparente, posee buena resistencia y es una buena barrera para el CO₂.

Este plástico tiene también otro símbolo representativo:



Figura I.18. Código alternativo de reciclaje del PET.

2. HDPE o PEAD: termoplástico utilizado mayormente para productos desechables. Posee baja permeabilidad, y alta resistencia física, química y térmica.
3. PVC: polímero que ofrece una gran versatilidad y que se puede encontrar en perfiles, sobretodo en tuberías, como un polímero muy duro y rígido o en juguetería o zapatería como un polímero más blando. Tiene muy buena resistencia a la electricidad y a la llama.
4. LDPE o PEBD: termoplástico muy flexible y con buena resistencia térmica y química. Se suele utilizar para embalaje.
5. PP: uno de los commodities más utilizados, el PP se destina a envases, pajitas y muchos objetos de uso diario. Tiene una gran resistencia a las altas temperaturas, al impacto y al aislamiento térmico y eléctrico.
6. PS: utilizado en productos como cuberterías de un solo uso, se trata de un termoplástico con buena resistencia mecánica, eléctrica y térmica.
7. Otros: dado que la utilización del resto de polímeros reciclables no es tan extendido, este grupo abarca una gran variedad, como ahora el PC o el PLA.

I.2.3.2. Reutilizar

La reutilización viene definida por volver a usar un producto para la misma función o para otro tipo de uso, aunque generalmente va más enfocada a esta segunda acepción. Este es otro aspecto importantísimo en el ámbito ecológico, pues la reutilización de los productos contribuye a una menor generación de desechos y por tanto influye también el factor de reducción, del cual se hablará más tarde.

La reutilización se convierte en un factor determinante cuando se trata de producción de desecho, sobretodo plásticos, pues al reutilizar objetos se evita que estos caigan desuso y sean desechados, lo cual no tiene por qué ser un problema siempre que se recicle el producto, ya que en caso contrario se generan basuras que se podría evitar.

La reutilización en el proyecto es muy importante, pues en algunos países de Europa se están prohibiendo ya los productos fabricados con plásticos de un solo uso, y se pretende que en 2021 estos no puedan ser distribuidos en todo el continente. Esta iniciativa también es apoyada por algunos países no europeos.

El problema surge otra vez por la falta de concienciación de la gente, pues generalmente las personas se quejan de la contaminación de los plásticos, pero luego no se recicla ni se reutiliza, y en consecuencia se genera más plástico y más problemas de vertidos en la naturaleza de desechos que se podrían aprovechar. La principal causa de esta contaminación viene del vertido de las empresas.



Figura I.19. Contaminación, resultado por la falta de reciclaje y reutilización.

I.2.3.3. Reducir

La reducción implica la disminución del uso y producción de productos que puedan ser perjudiciales para el medio ambiente. El aspecto en el que más se centran la humanidad y, sobretodo, los ecologistas hoy en día es muy posible que sea este, hasta el punto de querer acabar con los plásticos. Pese a esto los plásticos tienen propiedades muy buenas que ofrecer, y las empresas conocen este dato, por lo que la combinación de las buenas propiedades con el bajo precio de coste no hace fácil esta iniciativa.

Aun así, el problema sigue recayendo en la falta de concienciación de las personas en los dos anteriores factores, y no en la reducción de la distribución y fabricación de los plásticos, ya que actualmente la mayor parte de productos poliméricos son reciclables por el hecho de la contaminación.

El proyecto por un lado implica la producción de productos plásticos, pero el objetivo es que los productos resultantes sean reutilizables, y por tanto esto implica una reducción en la fabricación del mismo producto, pues una vez obtenido no debería ser necesario obtener más a no ser que por algún fallo alguna pieza se malograra, en cuyo caso la pieza se podría reciclar o reutilizar para otro uso, el cual dependería de la imaginación de cada usuario.



Figura I.20. Reutilización de una botella de PET que implica reducción en la fabricación de macetas.

I.2.3.4. Biodegradabilidad

La biodegradación se puede definir como el proceso por el que un material pierde y cambia sus propiedades y características por acción biológica hasta el punto de poder ser absorbido por la naturaleza y, en algunos casos, aportarle nutrientes. Si la degradación se produce pero no actúan organismos vivos en ella no se considera un proceso biodegradable.

Una opción de sustitución a los polímeros de un solo uso son los materiales biodegradables, los cuales pueden descomponerse solos si son desechados al medio ambiente. Esto puede representar una ventaja hacia el medio ambiente, pues se puede evitar una gran parte de la contaminación, pero esto puede no ser una solución definitiva, pues pese a no tener que preocuparse por la desaparición del material si se extiende mucho puede generar cantidades inmensas de desperdicios que pueden acabar en las calles, lo cual sería muy antihigiénico. Por otro lado, aunque se trate de un material biodegradable, si por ejemplo acaba en el mar y tarda 10 días en descomponerse, puede hacer daño a algún animal, y aunque no sea tóxico o no sea mucho tiempo las heridas se le pueden generar igualmente. Por esto, pese a ser un gran avance también se debe controlar el destino de los desechos.

Dado que se busca que el producto sea duradero la biodegradabilidad no se puede aplicar como una característica a la hora de seleccionar el material.

I.2.3.5. Más simbología

A parte de la simbología del reciclaje existe más simbología generalizada que puede ser interesante al comprar un producto. Esta simbología va muchas veces en las etiquetas y no en el recipiente, por lo que es posible no identificarlo posteriormente si se ha desechado la etiqueta.

Existe el indicativo de que el producto es apto para el contacto con alimentos, el cual se ve representado por un tenedor y una copa.



Figura I.21. Indicador de aptitud de un material para estar en contacto con alimentos.

El símbolo indicador de que un material se puede reciclar es muy parecido al indicador de material plástico. Viene representado por un triángulo de flechas que dan la vuelta.



Figura I.22. Símbolo de material reciclable.

No solo es interesante conocer las propiedades del material y a que están enfocados. Muchas veces es también importante saber que la empresa fabricante o empaquetadora cumple con la legislación de reciclaje o gestión de los residuos generados. Para esto existe un símbolo representado por dos flechas en un círculo que dan la vuelta.



Figura I.23. Informe de que la empresa proveedora cumple con la legislación de gestión de residuos.

Por último, existe un símbolo que indica la importancia de tirar un producto al contenedor de reciclaje, normalmente se encuentra en envases plásticos. Dicho símbolo se representa con una basura a la cual una persona está tirando un producto.



Figura I.24. Importancia de tirar el producto al contenedor adecuado.

I.2.4. Alcance económico

El uso de cubiertos está extendido por todo el mundo, hasta el punto de que en algunas sociedades no se concibe la manipulación de los alimentos sin ellos. Esto implica una gran demanda hacia el producto, ya que la sociedad tiende a querer dar buena imagen en las reuniones sociales, lo cual implica que intentarán tener cubiertos para todos los comensales.

Del mismo modo, en el sector de la restauración se utiliza también una gran cantidad de cubiertos, y en algunos sitios se cambian cada cierto tiempo para mantenerlos impecables. Este sector se distribuye en zonas comerciales, pero existen también los trayectos comerciales, como cruceros o viajes en avión, donde la reducción de peso que implica la fabricación del producto de un material polimérico y no metálico puede ser un factor decisivo a la hora de escoger la cubertería que se pondrá a disposición de los clientes.

Esta reducción de peso se aplica en cualquier uso comercial que lo necesite, como por ejemplo los viajes de transbordadores espaciales.

I.3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto está motivado por los grandes avances de los materiales poliméricos y por todo lo que estos pueden llegar a ofrecer. Los materiales poliméricos están muy desarrollados, pero las capacidades y características que poseen hacen de su estudio un mundo fascinante y con grandes opciones de futuro.

También viene movido por las expectativas ecológicas que las personas ponen en las empresas, pues el producto que se pretende diseñar es a favor del reciclaje, por la utilización de un material que pueda ser reciclado sin problemas, a favor de la reutilización de productos, pues pese a tratarse de una cubertería de plástico la intención que sea reutilizable y no de un solo uso. También es un producto a favor de la reducción, ya que al tratarse de cubiertos reutilizables y duraderos pueden reducir la producción de cuberterías de un solo uso y por tanto la fabricación de productos plásticos.

Cabe remarcar que también se pensó en un producto biodegradable, pero en ese caso no se hubiese tratado de un producto duradero, lo cual resultaba contradictorio.



Figura I.25. Contaminación provocada por cubiertos de un solo uso.

Por otro lado también viene movido por la inminente eliminación de los plásticos de un solo uso, ya que esta podría ser una buena solución. De este modo los usuarios no tienen por qué cargar con el peso de una cubertería metálica ni tampoco llevar cuberterías de un solo uso que después se desechen sin saber dónde van a acabar o que se desechen en la naturaleza.

En el ámbito comercial, como los aviones transoceánicos que hacen largos trayectos, o en cruceros donde los clientes y las tripulaciones necesitan cubiertos para las comidas que deben realizar, se puede implementar esta cubertería de modo que se reduzca el peso, que al tratarse de grandes cantidades de cubiertos puede tratarse de una reducción importante. El peso ahorrado con esta solución puede invertirse en aumentar la carga y, por tanto, el volumen de transporte o incluso a realizar los trayectos en menor tiempo.

II. OBJETIVOS

II.1. OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo del proyecto consiste en el diseño y la elaboración de una cubertería básica de base polimérica, reciclable y reutilizable que pueda sustituir las cuberterías de usar y tirar por un lado, y las cuberterías metálicas por otro.

II.2. OBJETIVOS Y RESTRICCIONES PARTICULARES

La cubertería a desarrollar debe constar de tres piezas: cuchara sopera, cuchillo de sierra y tenedor de mesa. Las dimensiones generales entre las tres piezas deben ser similares, pues cada grupo de tres representa un juego.

El propósito de que sean de base polimérica es el uso de los cubiertos en trayectos de aviones, barcos... de modo que se reduzca el peso con respecto a una vajilla metálica, esta reducción de peso puede beneficiar en el transporte de mercancías más pesadas mayor cantidad de mercancías.

Dentro de ser un producto de base polimérica se pretende que sea de un polímero reciclable, pues es un producto que podría acabar rompiéndose y en ese caso si se puede reciclar se puede reducir el impacto ambiental. Siempre que el usuario deposite el desperdicio de la pieza dañada en el lugar apropiado.

Cabe remarcar que el material no puede ser biodegradable, pues el objetivo es que sean productos duraderos, y si son biodegradables no podrían cumplir con esta función.

Puesto que el producto a desarrollar se va a utilizar para la ingestión y preparación de alimentos se debe tener presente que el material no debe ser tóxico para las personas si estos están en contacto con los alimentos, dando como materiales posibles polímeros como pueden ser el PP, el PE o el PET.

Las piezas deberán aguantar ciertas tensiones y o temperaturas mínimas sin que se produzca una deformación permanente, o sin que se produzcan deformaciones si la elección de material lo permite. La resistencia a la temperatura se debe a que la comida a ingerir puede estar caliente o fría, y al usar los utensilios para preparar la comida pueden tener que soportar temperaturas tales como el agua hirviendo. En lo que respecta a las tensiones, se debe tener en cuenta que el cubierto soporte la fuerza que se le aplica al cortar o pinchar un alimento.

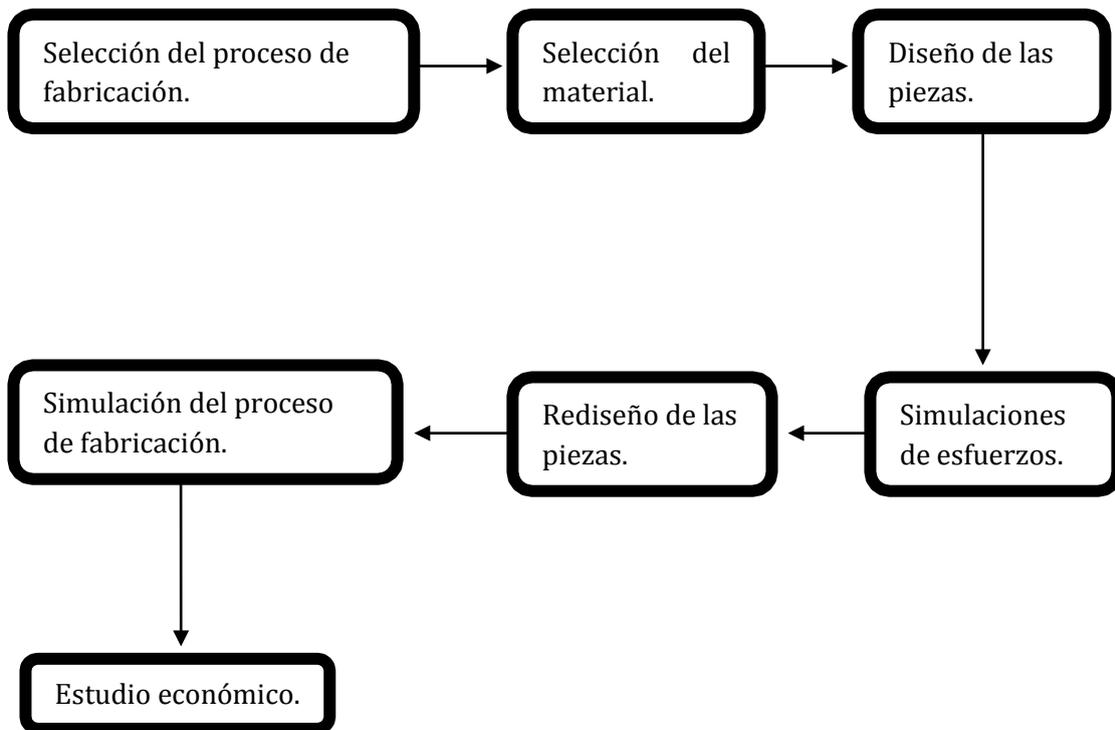
III. DESARROLLO DEL TRABAJO

III.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Se trata de un trabajo teórico, puesto que no se dispone de los medios para poder realizarlo de manera experimental. Por un lado, al tratarse de una investigación sobre un material ya existente y que distribuye un fabricante no procede la investigación de ensayos para obtener las propiedades del material, y por otro, no se dispone de los recursos económicos pertinentes para realizar un molde que pueda fabricar el prototipo.

III.1.1. Secuencia de trabajo

- 1º. Selección del proceso de fabricación óptimo.
- 2º. Selección del material.
- 3º. Diseño inicial de las piezas.
- 4º. Simulaciones de esfuerzos.
- 5º. Rediseño de las piezas.
- 6º. Simulación del proceso de fabricación.
- 7º. Estudio económico.



1º) Selección del proceso de fabricación óptimo.

Para empezar el trabajo se analiza en primer lugar el proceso más óptimo para fabricar el producto. La razón para empezar por esta parte es, por un lado, el conocimiento previo de la geometría final que puede llegar a tener el producto, pues se trata de un objeto de uso muy común. Por otro lado, dado que se establece que el material que se va a utilizar debe ser reciclable y apto para el contacto con alimentos, se puede deducir que se tratará de un material termoplástico. Los polímeros termoplásticos se comportan de forma muy parecida, por lo que las restricciones en los procesos de fabricación no suelen variar demasiado. El proceso de fabricación también será relevante para escoger el material.

2º) Selección del material.

La selección del material que se va a utilizar se realizará en dos partes:

A. Selección del material base.

En primer lugar se debe seleccionar el material base que se utilizará para el procesado de las piezas teniendo en cuenta diferentes restricciones mecánicas y térmicas que lo puedan adaptar para el uso que se le quiere destinar. Para este paso se utilizará la base de datos CES Edupack.

B. Selección del fabricante.

Una vez escogido el material se debe escoger de entre las variedades que ofrecen los fabricantes, lo cual se realizará con la base de datos CAMPUSplastics.

3º) Diseño inicial de las piezas.

El diseño de las piezas es totalmente nuevo. Las dimensiones que se utilizarán se orientan a partir de la observación de diferentes cubiertos del tipo que se quiere reproducir (tenedor de mesa, cuchara sopera y cuchillo de sierra) y de la medida estándar para ellos (200 milímetros de longitud). A partir de estas restricciones se procede al diseño de las piezas directamente con la herramienta informática SolidWorks. El prototipo a diseñar será un modelo básico, al cual se le pueden añadir grabados estéticos para hacerlo más atractivo.

4º) Simulaciones de esfuerzos.

Una vez diseñados los modelos de las piezas se las debe someter a simulaciones de esfuerzo y deformaciones para comprobar que estas no se romperán cuando sean utilizadas. Las simulaciones se deben realizar introduciendo los datos del material escogido para su fabricación. Si se escoge más de uno se deben comparar los resultados entre ellos y escoger el que devuelva mejores resultados para las exigencias establecidas. Estas simulaciones se realizan, con la herramienta informática SolidWorks.

5º) Rediseño de las piezas.

El rediseño de las piezas se realiza en el caso de que las piezas no puedan cumplir con los esfuerzos y deformaciones aplicadas, pero siempre sin salir de los límites geométricos a los que se limiten las piezas. Si este paso se realiza se debe repetir el anterior para comprobar que las piezas si cumplen con las restricciones después de ser redimensionadas.

6º) Simulación del proceso de fabricación.

Una vez con la pieza definitiva se debe simular el proceso de fabricación escogido para poder estimar el tamaño de creación de un molde si es necesario y si se puede llevar a cabo la fabricación.

7º) Estudio económico.

En esta parte del trabajo se realizará un estudio económico del coste que puede llevar el diseño de la pieza, su procesado, máquina, mano de obra y los diversos costes que puedan repercutir en su fabricación.

La razón para que los dos primeros pasos sean la selección del procesado y del material es la restricción de que el producto sea un material polimérico reciclable, pues por un lado ya la selección del material puede depender del tipo de proceso que se quiere llevar a cabo, y por otro el propio material

III.2. SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ÓPTIMO

Para determinar el proceso óptimo de fabricación, se deben tener en cuenta las características básicas de que dispondrá la pieza y los posibles métodos de procesos de conformado de materiales termoplásticos.

Se ha realizado una comparación de los procesos más habituales y las características que pueden ofrecer hacia los productos. Estos procesos son:

- A. Inyección: proceso que permite gran complejidad de piezas, buenos acabados y muy buena reproducibilidad. Se pueden realizar grandes tiradas.
- B. Extrusión: método de procesado para la fabricación de láminas, perfiles y películas. Las formas que se pueden producir son muy limitadas, pero tiene gran reproducibilidad y se pueden realizar grandes tiradas.
- C. Soplado: este proceso está destinado a piezas huecas. El proceso tiene una gran reproducibilidad y las geometrías que se pueden obtener pueden ser bastante complejas. Se pueden fabricar en grandes tiradas.
- D. Rotomoldeo: con este método se suelen fabricar piezas huecas y redondas, pero muchas veces no presentan espesores uniformes, aunque también se pueden fabricar piezas macizas. Se trata de un proceso lento y con poca reproducibilidad. Las tiradas son cortas.
- E. Termoconformado: el proceso se suele usar para piezas de bajo espesor, a partir de láminas previamente extruidas. Presenta facilidad de procesado y reproducción, pero implica un postprocesado importante a la pieza.

Vistos estos métodos de procesado se puede llegar a la conclusión de que el mejor para la fabricación del tipo de piezas que se va a fabricar es el método de Inyección.

El proceso de inyección está muy extendido actualmente. El método se basa en la introducción de material fundido mediante un husillo en un molde con la forma deseada donde el material caliente se enfría hasta solidificarse. Una vez solidado se extrae la pieza resultante del molde.

En este proceso las piezas necesitan de un pequeño postprocesado después de ser extraídas, pues se debe eliminar el material sobrante del bebedero y los respiraderos si existen.

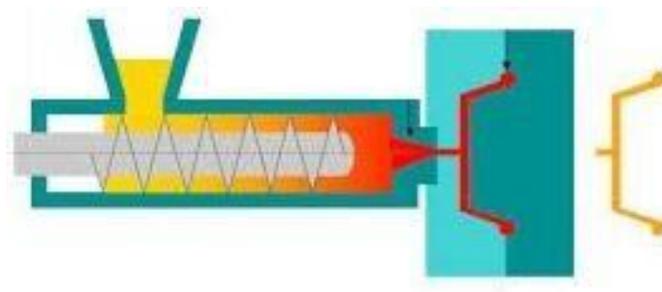


Figura III.1. Proceso de inyección.

III.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL

La selección del material se lleva a cabo en dos partes diferentes, la primera de ellas se centra en la selección de los tipos de termoplásticos que puedan utilizarse para el propósito del producto y su comparación para la posterior elección. La segunda parte define la selección del fabricante, la cual se puede centrar en el precio y la calidad de la materia prima.

III.3.1. Selección de posibles materiales

Para esta primera selección se ha realizado un estudio en el que se han establecido varias restricciones que debe cumplir el material final. Dicho estudio ha sido realizado con la base de datos CES Edupack.

Las restricciones que se han establecido para el material que se busca son las siguientes:

- Debe tratarse de un material termoplástico, ya sea amorfo o semicristalino.
 - El polímero ha de ser reciclable.
 - Debe contener un 100% de base polimérica de manera que este sea lo más reciclable posible.
 - La densidad debe ser menor a la del acero inoxidable:
-
- El punto de fusión del material debe ser mayor a 120°C, pues el material, aunque no constantemente, debe poder trabajar con agua hirviendo (100°C aproximadamente, depende de las condiciones) si se usa para cocinar.
 - Dado que está destinado a usarse para ingerir líquidos y/o para cocinar con estos debe tratarse de un material que absorba poco o nada el agua. Por esto se ha establecido una restricción de absorción de agua del 0'1% cada 24 horas.
 - Como ya se ha comentado anteriormente, el proceso de fabricación también debía ser una restricción importante para la elección de material. De este modo el material debe poder ser inyectado.
 - Debe poseer buen aguante ante agentes como el agua y el alcohol, pues se utilizan también para cocinar. Por esto la durabilidad del material ante el agua, dulce y salada, y ante los ácidos débiles como el alcohol debe ser excelente.
 - Dado que se busca un material duradero se debe tener en cuenta la restricción de no ser biodegradable.
 - El material no debe ser tóxico, ya que va a estar en contacto con productos que van a ser ingeridos.

Una vez establecidas e introducidas las restricciones se debe analizar el resultado del estudio. Los materiales disponibles para el proyecto son diversas variedades de PE y de PP. Todos los materiales disponibles se pueden encontrar en el mercado, por esto no es necesario realizar ensayos, sino que las propiedades las puede aportar el fabricante.

El siguiente paso se basa en comparar las propiedades de todos ellos para escoger el mejor de cada uno y después hacer una elección final entre el mejor de cada uno de ellos.

III.3.1.1. Comparación de materiales

En la comparación de los materiales se han tenido en cinco características que pueden influir en el comportamiento de la pieza. Las características en cuestión son:

- El límite elástico, pues se busca que el producto no se deforme al ser utilizado.
- Resistencia, para poder comparar como podrán llegar a soportar los esfuerzos.
- Modulo de Young, que junto al límite elástico permite observar la relación de la tensión frente a la deformación.
- Máxima temperatura de servicio, ya que pese a que el punto de fusión del material es más alto, es irrelevante si no se puede utilizar.
- Dureza Vickers, para tener en cuenta la dificultad que podrán tener los alimentos a dañar por ralladuras el producto.

Para seleccionar o eliminar los materiales se ha seguido el siguiente código de colores:

- Verde. Material seleccionado.
- Blanco. Materiales que pasan el corte pero no han sido seleccionados.
- Rojo. Materiales descartados directamente por unas pobres características
- Amarillo. Materiales de los que no se dispone de datos suficientes para considerarlos.

III.3.1.1.A. Polietileno (PE)

Para la selección del PE se han comparado cinco tipos diferentes del material.

Material	Tipo	Límite elástico (MPa)	Resistencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Máxima temperatura de servicio (°C)	Dureza Vickers (HV)
PE	HDPE de uso general	31	31	1090	129	10
	HDPE de alto peso molecular	26,9	29,6	961	130	8
	HDPE de bajo peso molecular	29	44,8	896	110	9
	LDPE de uso general	19,3	27,6	517	97	6
	MDPE de uso general	20	33	800	Sin datos	Sin datos

Tabla III.1. Comparación de los diferentes tipos de PE.

Por una parte, se ha dejado de considerar el MDPE de uso general por la falta de datos, pues sin conocer la máxima temperatura de servicio no se puede valorar su correcto desempeño en la utilización.

Se ha desechado el LDPE de uso general por que la temperatura máxima de servicio no llega a los 100 grados, pese a que su punto de fusión si supere los 120 especificados en las restricciones. También se puede observar que los datos del Límite elástico, el Módulo de Young y la dureza tienen valores bastante peores que el resto de tipos.

Entre los tres tipos de HDPE se ha seleccionado el de uso general por poseer mejores valores en general que el resto. Bien es cierto que la resistencia del HDPE de bajo peso molecular es mejor que la del seleccionado, pero se busca una variedad de características compensadas.

III.3.1.1.B. Polipropileno (PP)

En la selección del PP se han comparado seis diferentes variedades del material.

Material	Tipo	Límite elástico (MPa)	Resistencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Máxima temperatura de servicio (°C)	Dureza Vickers (HV)
PP	PP homopolímero nucleado	38	49	1780	99,1	11
	PP homopolímero con alta fluidez	36,4	33,5	1580	114	10
	PP homopolímero con baja fluidez	36,4	42,9	1590	124	11
	PP copolímero random nucleado	30	19,8	1410	86,8	8
	PP copolímero random con alta fluidez	28,4	21,3	1020	83,8	8
	PP copolímero random con baja fluidez	28,1	25,9	1200	81,3	8

Tabla III.2. Comparación de los diferentes tipos de PP.

En el caso del PP se han desechado 4 variedades directamente por no poseer una temperatura de servicio suficientemente alta, dato que ha convertido en irrelevantes al resto de características.

Después de desechar la opción de los anteriores materiales han restado dos tipos de PP para escoger, de los cuales se ha escogido el PP homopolímero con baja fluidez. Aunque las características de los dos PP restantes son muy similares se ha decidido optar por este en concreto por su mayor temperatura de servicio, y su mayor resistencia.

III.3.2. Elección del material

Después de realizar la selección de posibles materiales se ha escogido el material que se pretende utilizar para la fabricación del producto.

Material	Límite elástico (MPa)	Resistencia (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Máxima temperatura de servicio (°C)	Dureza Vickers (HV)
HDPE de uso general	31	31	1090	129	10
PP homopolímero con baja fluidez	36,4	42,9	1590	124	11

Tabla III.3. Tabla de comparación entre el PP y PE seleccionados.

De los dos materiales seleccionados para procesar el producto que se pretende diseñar, el elegido ha sido el PP homopolímero con baja fluidez. Este, pese a tener una menor temperatura máxima de servicio se diferencia en muy poco en esta característica. En cambio, los valores del Módulo de Young, la resistencia y el límite elástico del material, presentan unos mejores valores en comparación con el HDPE de uso general.

III.3.2.1. Elección del fabricante

Una vez designado el material que se va a utilizar es necesario seleccionar el fabricante, tanto por las pequeñas variaciones que puedan tener como por el precio de venta, que será importante para realizar un posterior estudio económico.

Para esta selección se ha utilizado la base de datos CAMPUSplastics. Al buscar fabricantes de PP se han encontrado tres: Celanese, Albis y A. Schulman, pero de estos tres se debe descartar Celanese, pues no fabrica la variedad que se requiere. También se puede buscar a partir de los resultados que devuelve la herramienta CES Edupack, pues también proporciona datos de la base de datos CAMPUSplastics para que sea más sencillo encontrar el producto que se busca.

Se han consultado varias opciones de los fabricantes que pueden ofrecer el PP de baja fluidez, que son Albis y A. Schulman, tanto en las bases de datos como en las páginas de los fabricantes para comprobar que se siguen comercializando los productos. Después de realizar esta búsqueda se ha escogido un material de la compañía Albis, un polipropileno que curiosamente no es de baja fluidez, sino de alta fluidez, pues aquellos de baja fluidez que se pretendían usar ya no se comercializan o tienen una temperatura de reblandecimiento Vicat más baja de lo que se busca. El material finalmente escogido es ALTECH PP-H A 1000/249 FR, con una temperatura Vicat de 100°C.

Del fabricante A. Schulman se ha encontrado un PP para impacto que tiene una mayor temperatura de reblandecimiento, pero al ser para impacto cambia en otras propiedades que se buscan, como por ejemplo en el módulo de Young, que resulta ser casi la mitad que el de Albis.

III.4. DISEÑO DE LAS PIEZAS

En el siguiente apartado se procede a la realización del diseño de los cubiertos. Para ello se ha tenido en cuenta que deben ser de tamaño similar, por lo que se ha tomado una longitud de 200 mm entre los extremos de las piezas. En el caso del tenedor y la cuchara hay que tener en cuenta que al ser curvados tendrían más longitud si se los estirase.

El mango y el perfil de la cuchara y del tenedor son iguales, de modo que estos encajan si se ponen uno junto al otro, mientras que el cuchillo tiene un diseño que parece similar, pero que se ha adaptado por la forma con la que se coge para usarlo.

Se ha tenido en cuenta también que las piezas posean un espesor similar a las cuberterías actuales, lo cual responde a unos 2 mm. En el cuchillo este espesor se reduce a 1 mm en el lomo de la hoja, así se facilita el rebaje del filo.

Si algún parámetro impidiese que las piezas tuviesen un buen desempeño en las simulaciones se rediseñaría y adaptaría para su función.

No se añadirán los símbolos de reciclaje de material, así como los de aptitud para los alimentos u otro tipo de símbolos para que no genere fallos en las simulaciones. Estos símbolos se pueden añadir también posteriormente como un postprocesado de mecanizado de las piezas o añadirlo en una etiqueta cuando los cubiertos sean embalados. También debe tenerse en cuenta que la empresa que fabrique el producto debe cumplir las condiciones para añadir los símbolos al comercializar los cubiertos.

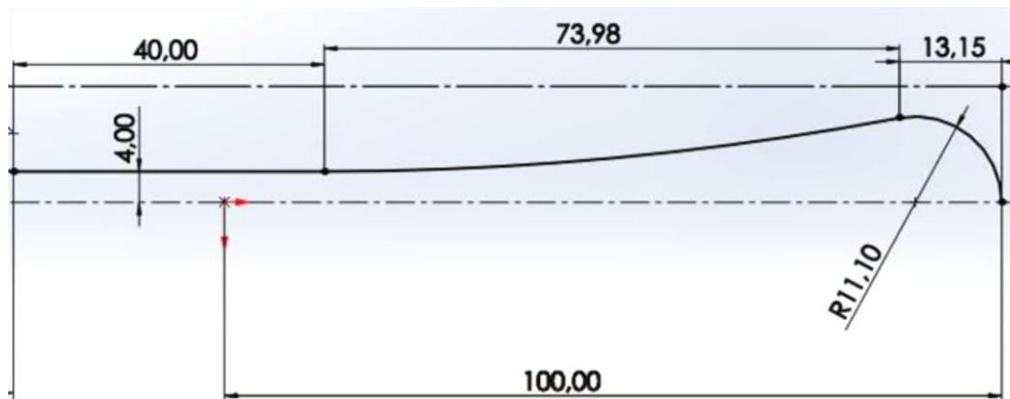
III.4.1. Diseño del tenedor

El diseño del tenedor resulta ser el más simple de las tres piezas. Para su realización se ha empezado dándole forma de tenedor teniendo en cuenta la proyección que resulta al verlo desde arriba. También se tiene en cuenta que la pieza es simétrica en caso de ser partida por la mitad.

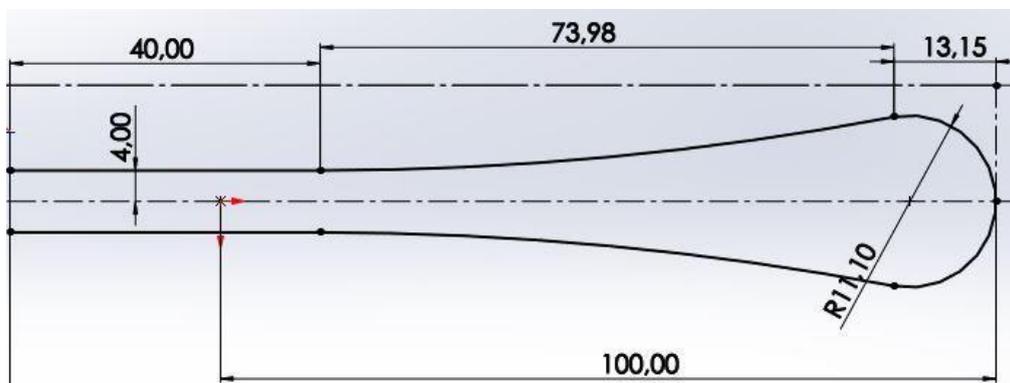
Con esta información se empieza trazando un eje de 200 mm que no solo indicará la longitud que debe tener el cubierto, sino que sirve después para realizar una simetría de entidades, teniendo que dibujar solo la mitad de las piezas.

El extremo del mango se ha situado a 100 mm del centro de coordenadas para fijar la pieza y que esta no se mueva por el plano. Este extremo es redondeado con una circunferencia de 11,10 mm de radio, de manera que acopla cómodamente en la palma de la mano que en el caso del tenedor ayuda a hacer fuerza. Dicha circunferencia se corta a una longitud de 13,15 mm del extremo del eje.

El extremo del mango del que nace el cabezal del cubierto viene definido por una recta paralela al eje y situada a 4 mm de él. Esta recta tiene una longitud de 40 mm y de ella surge una circunferencia tangente que coincide también de forma tangente con la circunferencia del extremo del mango por el punto en que esta se ha cortado. Al realizar la simetría de entidades surge el mango al completo.



A)



B)

Figura III.2. A) Croquis del mango. B) Croquis del mando después de realizar la simetría de entidades.

En lo que respecta al cabezal del tenedor, para realizar su croquis se ha establecido que el centro de la circunferencia que marca la parte más ancha del cubierto se sitúa a 45 mm del centro de coordenadas, siendo esta una circunferencia de 15 mm de radio tangente a otra circunferencia de 5 mm de radio que es también tangente a la recta que representaba el final del mango.

De la circunferencia grande sale una recta inclinada respecto al eje de simetría que termina en el extremo del tenedor que corresponde a las púas. La distancia en la dirección del eje entre el inicio de la recta y el extremo de las púas es de 55 mm.

Las púas poseen los extremos redondeados por circunferencias de radio 0,5mm y separadas entre ellas por una distancia de 7mm en sus extremos. En lo que respecta a las raíces, se ven separadas por pequeñas circunferencias de radio 1 mm cuyos centros están también separados por una distancia de 7 mm. La longitud total de las púas entre su extremo y su raíz es de 40 mm.

Una vez realizado este croquis se realiza una simetría de entidades que cierra la figura de la proyección del tenedor.

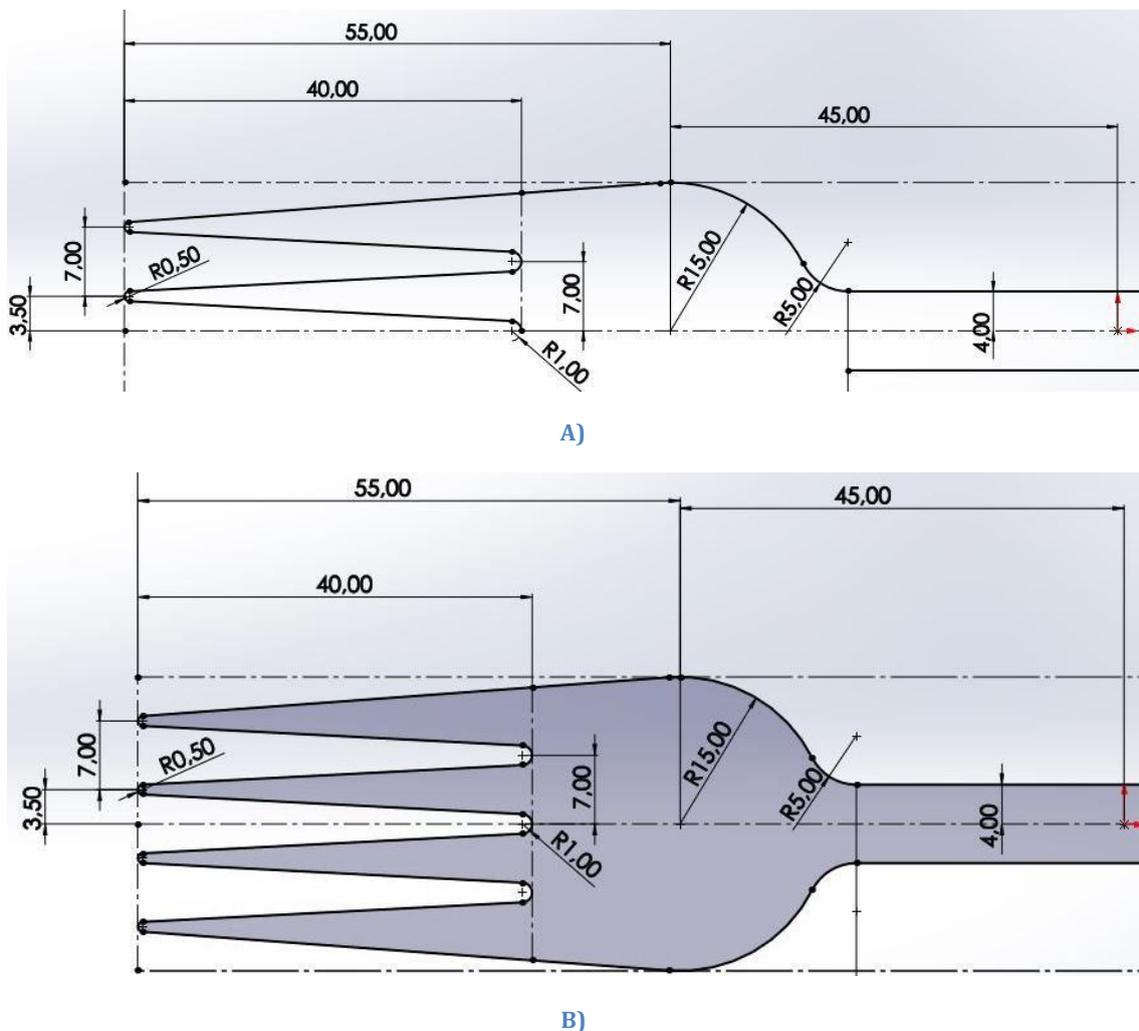
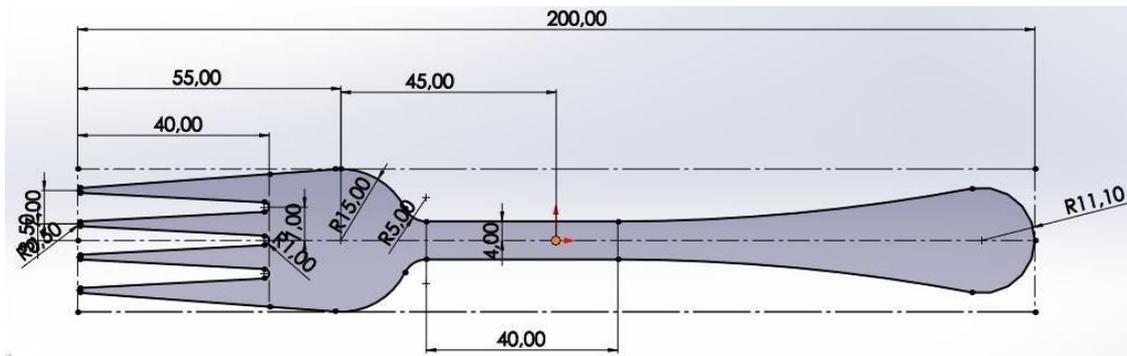
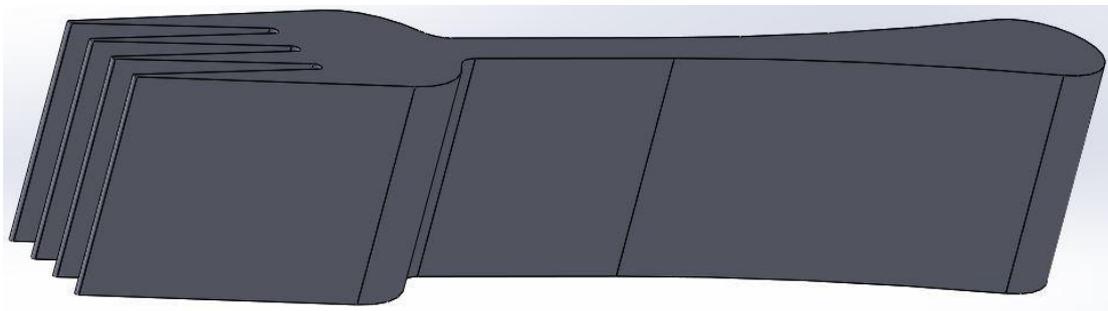


Figura III.3. A) Croquis del cabezal del tenedor. B) Croquis del cabezal del tenedor después de realizar la simetría de entidades.

Con las dos partes de la proyección del tenedor coquizadas se extruye hasta una profundidad de 40 mm, pues a continuación se va a realizar el corte del perfil de la pieza, la cual dará las dimensiones finales del tenedor.



A)



B)

Figura III.4. A) Croquis de la proyección del tenedor completo. B) Extrusión del croquis.

Para realizar el perfil del tenedor se tiene en cuenta el espesor y uno de las dos superficies que puede dar. En este caso, como se observa en la Figura III.5. A), la parte croquizada es la superior.

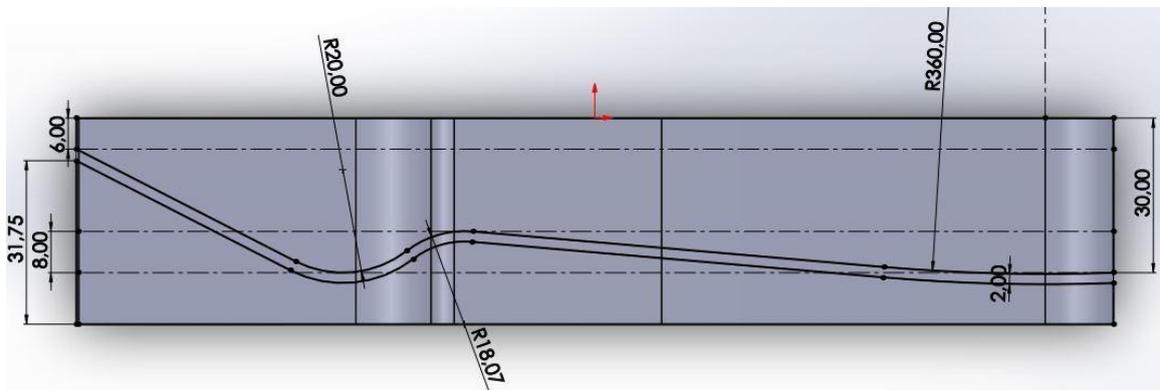
Para la realización del perfil se trazan 3 ejes que marcan los dos extremos, la parte superior de la curva donde la pieza pasa del cabeza al mango y la parte inferior del cabezal, que coincide con el extremo del mango. Con esto, sin el espesor, queda una altura del 24 mm.

Desde el extremo del mango, el perfil inicia con un arco de 360 mm de radio y cuyo centro se encuentra en la vertical que coincide con el cambio de arco en la proyección. Este arco conecta con una recta tangente a él y a otro arco que resulta ser la parte del cambio del mango al cabezal, y por tanto tangente al eje anteriormente trazado.

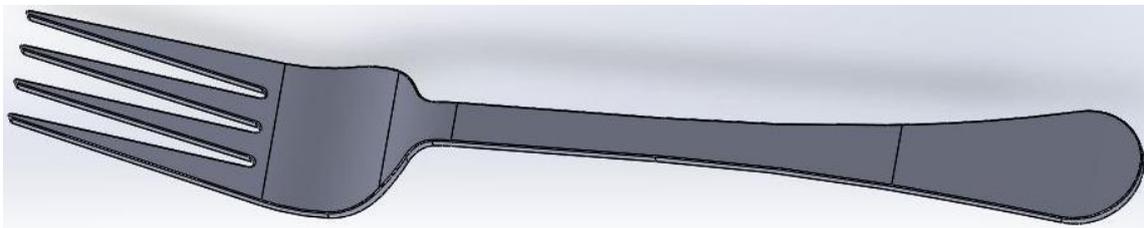
Por último, la parte correspondiente al cabezal consiste en un arco de 20 mm de radio que es tangente al eje coincidente con el extremo del mango y tangente al arco que viene del cambio del mismo mango. De este surge una recta que va hasta el extremo de las púas y que es tangente al arco de 20 mm de radio.

Con este croquis dibujado se realiza un corte en la extrusión que da como resultado la forma final del cubierto.

Finalmente se realiza un pequeño redondeo de 0,2 mm de radio sobre todos los bordes del tenedor de forma que sea más cómodo al cogerlo y que se generen menos tensiones y menos defectos al inyectar la pieza.



A)



B)

Figura III.5. A) Croquis del perfil del tenedor. B) Resultado final del tenedor.

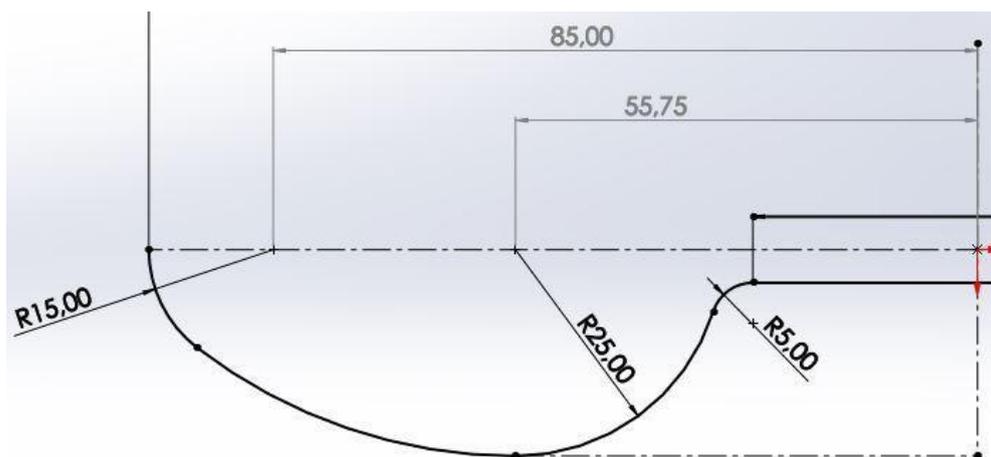
III.4.2. Diseño de la cuchara

Para diseñar la cuchara, al igual que ocurre con el tenedor, se debe realizar primero un croquis de la proyección de esta. Para empezar, el mango de la cuchara es el mismo que para el tenedor, por lo que se ahorra tiempo en esta parte. Sus dimensiones se pueden apreciar en la Figura III.2.

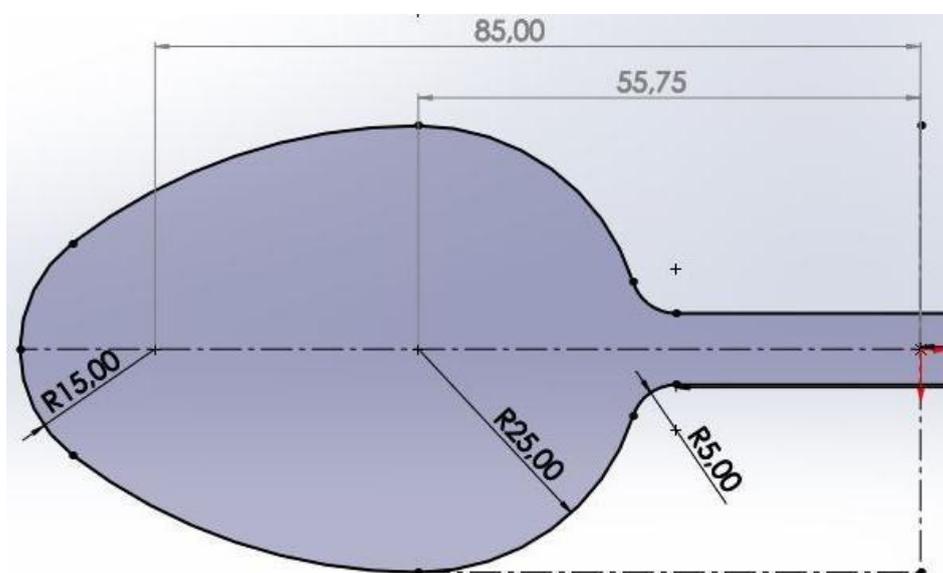
En lo que respecta al cabezal, es bastante simple, pues es una combinación de circunferencias tangentes. Al finalizar el mango, surge una circunferencia de 5 mm de radio, exactamente igual que en el cabezal del tenedor que da paso al inicio del cabezal. El arco de esta circunferencia es tangente exteriormente a otra circunferencia de 25 mm de radio cuyo centro se encuentra a 55,75 mm de distancia del centro de coordenadas.

En el extremo del cabezal se dibuja otro arco de radio 15 mm y cuyo centro se encuentra a 85 mm del centro de coordenadas. El espacio restante entre este arco y el de la parte más ancha de la cuchara viene dibujado por otro arco tangente a ambos arcos, dándole así la forma de huevo al cabezal.

Con medio croquis dibujado se traza una simetría de entidades, de manera que el croquis quede cerrado.



A)



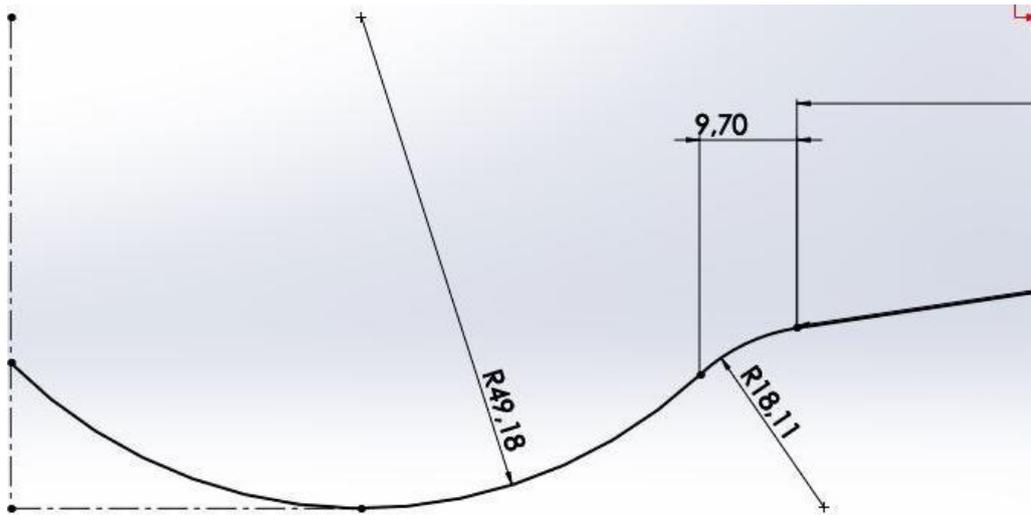
B)

Figura III.6. A) Croquis de medio cabezal de la cuchara. B) Croquis de la cabeza completa de la cuchara.

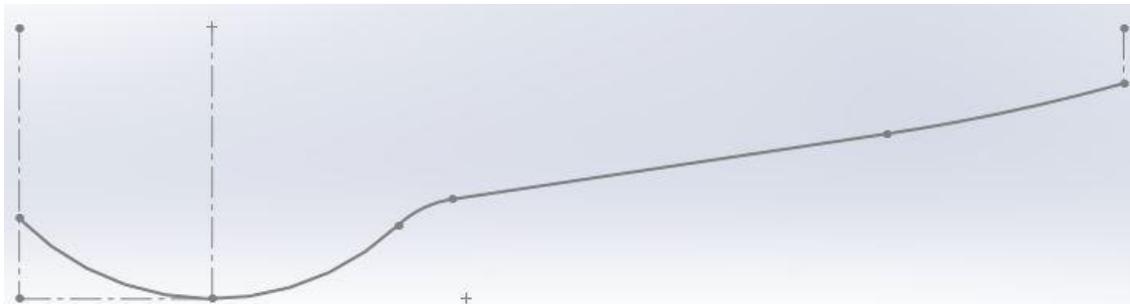
Para trazar el perfil de la cuchara se tiene en cuenta, en primer lugar, que el cabezal representa un hueco, de modo que no se puede realizar un corte como se ha hecho con el tenedor. En segundo lugar, se debe tener en cuenta que el perfil del mango de la cuchara es igual al perfil del mango del tenedor, por lo que a la hora de dibujarlo se pueden coger las medidas de este.

El perfil de la cuchara se ha dibujado realizando un croquis de la parte inferior del perfil, no superior como el del tenedor, en el plano de la planta, teniendo en cuenta que el croquis de la proyección se ha realizado en el plano del alzado.

Para el dibujo del perfil se ha dibujado primero la parte inferior del mango tomando las medidas del perfil del mango del tenedor. El cabezal se ha dibujado como continuación del mango y se ha considerado que la parte más profunda del hueco equivale a la parte más baja del tenedor, pero no tiene el mismo radio. Por ello se ha trazado un eje al cual el arco del hueco debe ser tangente.



A)

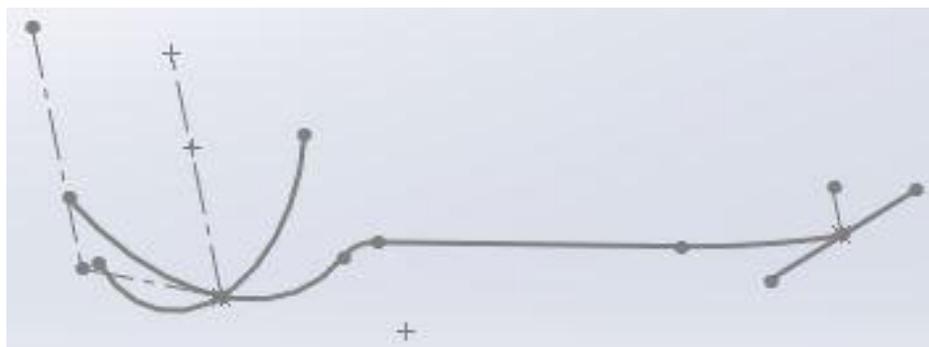


B)

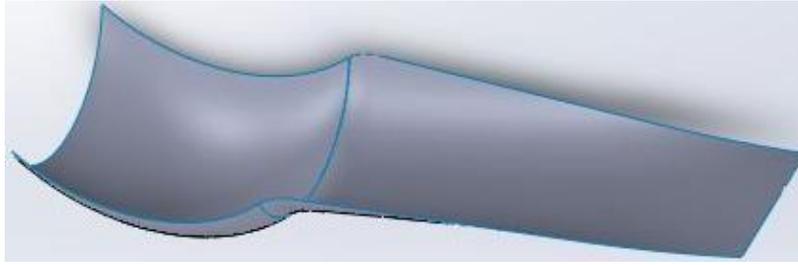
Figura III.7. A) Perfil del cabezal de la cuchara. B) Perfil completo de la cuchara.

Para realizar tanto la parte llana del cabezal como la parte lisa del mango se han generado dos nuevos planos perpendiculares al croquis de la proyección y al croquis del perfil. El plano del cabezal se ha situado en la parte más baja del hueco, mientras que el plano para la parte lisa del mango se ha situado en su extremo. En cada uno de estos planos se ha dibujado la forma que debe tener la superficie, en el hueco un arco, y en el mango una recta.

Con estas geometrías dibujadas se realiza un recubrimiento de superficie, lo que devolverá la forma de la superficie de la cuchara, pero sin la forma de la proyección. Esto se puede observar en la Figura III.8. B).



A)



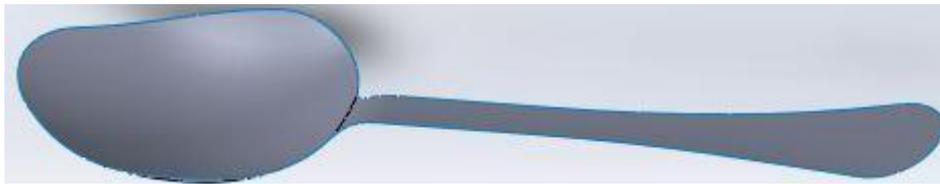
B)

Figura III.8. A) Croquis para realizar las superficies. B) Recubrimiento de superficie en el croquis.

Para poder dar la forma de cuchara a la superficie generada se debe proyectar un corte con la forma de la proyección sobre la superficie generada, pero antes de esto se debe realizar una operación de cosido entre los dos recubrimientos realizados de manera que queda como una sola superficie.

Con el corte de proyección realizado se procede a dar un espesor a la pieza, ya que solo con el recubrimiento el croquis queda como una lámina. El espesor dado ha sido de 2 mm, igual que el tenedor.

Por último, se ha realizado un redondeado en los bordes de la pieza de 0,2 mm por las mismas razones que el tenedor, para disminuir tensiones y fallos y para hacer más cómodo el agarre del producto.



A)



B)

Figura III.9. A) Corte proyectado sobre las superficies. B) Resultado final de la cuchara.

III.4.3. Diseño del cuchillo

Para el cuchillo se ha diseñado una variación del cuchillo de carne con la punta redondeada con el objetivo de reducir las tensiones y fallos que se pueden producir en el proceso de fabricación, que en este caso es la inyección, pero que a su vez sea capaz de cortar la carne.

Al realizar su diseño se ha empezado realizando un croquis de la forma básica que la pieza va a poseer, es decir la forma básica que suele tener un cuchillo, que al ser una pieza bastante recta no se realiza su proyección como en las dos anteriores.

Para croquizar la forma del cubierto se ha realizado dos “Splines”, una en la parte inferior del lado del mango y otra en el lado donde se ha de realizar posteriormente el filo de la hoja. Ambas “Splines” se unen al ser tangentes a un arco de 75 mm de radio y 10 mm de largo.

La punta de la hoja es un arco de 4 mm de radio tangente a la “Spline” de la hoja y a una recta paralela al eje de coordenadas que representa el lomo y que llega hasta el inicio de la hoja. En el inicio de esta hoja el ancho es de 14 mm.

Para realizar la parte superior del mango se ha realizado una simetría de entidades del arco de 10 mm de longitud y la “Spline de su parte inferior, cerrando así el croquis.

Dado este perfil se realiza primero una extrusión de 1 mm del croquis completo, y seguidamente un segundo extruido de la parte del croquis que representa el mango. Con estas dimensiones se aplican operaciones de redondeado a los bordes del mango, a su extremo para que no sea puntiagudo, y en el cambio de este a la hoja, pues se tiene que tener en cuenta que se trata de una sola pieza, y un cambio de 90° puede generar fallos en la pieza final.

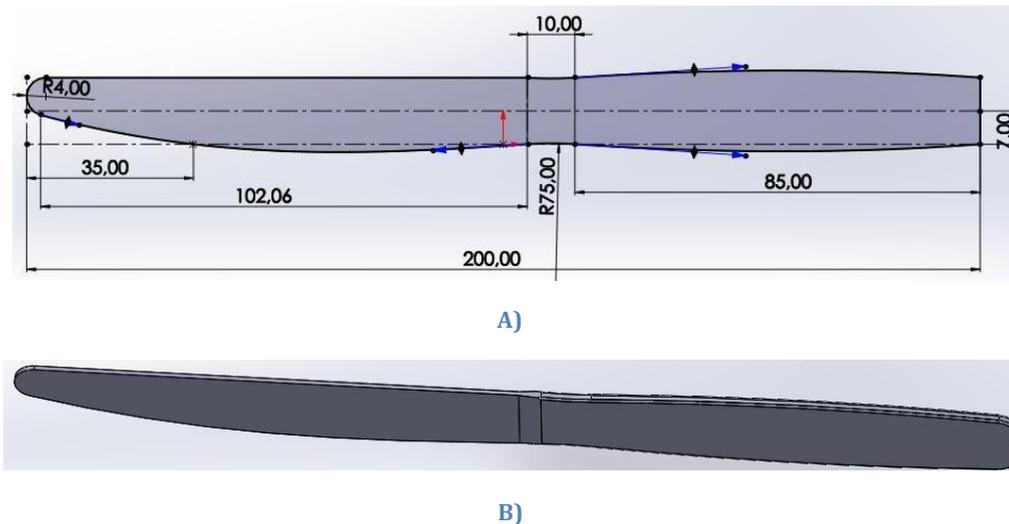


Figura III.10. A) Croquis de la forma del cuchillo. B) Dimensiones del cuchillo.

Con las dimensiones del cuchillo realizadas se pasa al diseño del filo de esto. Para ello primero se debe realizar un corte de barrido de forma triangular en el sentido de la “Spline” de la hoja. Esto generará un rebaje equivalente al filo.

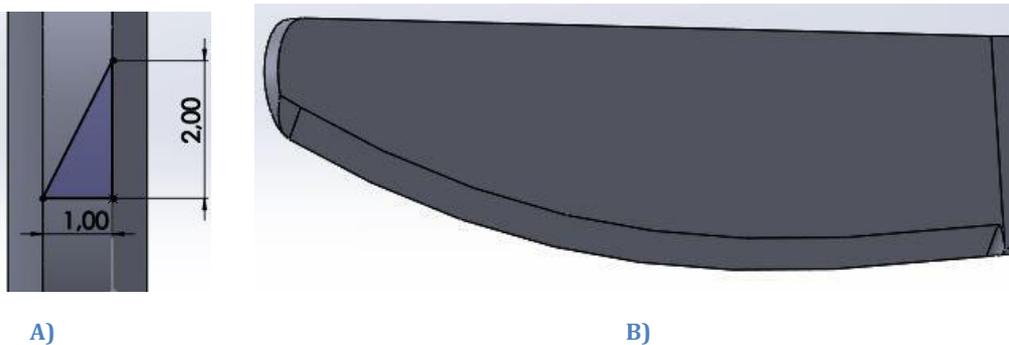


Figura III.11. A) Croquis del corte para e filo. B) Hoja con filo.

Dado que se pretende simular el filo de un cuchillo de sierra la creación de esta pasa por dos diferentes fases. En la primera se realizan unos cortes que dejarán el filo con dientes bastante grandes y después se les realizarán otros cortes que produzcan las estrías que se encargarán de desgarrar la carne.

En lo que respecta a los dientes, se ha dibujado un croquis en el plano de la hoja con forma circular de 5 mm de diámetro. Este círculo se considera tangente a una "Spline" igual a la realizada en el filo, pero a una distancia de 1, 2 mm del inicio del rebaje.

Con el croquis de un diente dibujado se realiza una operación de corte que genera un solo diente. Para generar el resto de dientes se usa una matriz conducida por curva del croquis sobre la "Spline" utilizada para la tangente de este.



Figura III.12. A) Croquis de un diente. B) Hoja de sierra sin estrías.

Por último solo resta realizar las estrías que tendrán la función de desgarrar la carne, lo cual dará como resultado el producto final.

Para realizar estas estrías se vuelve a utilizar el plano de la hoja, pero se realiza un croquis diferente. Este croquis es una elipse de radio menor 0,4 mm y radio mayor 2 mm.

Al croquis realizado se le realiza una operación de corte que no debe llegar a la profundidad total, por lo que se ha considerado que en el corte de las estrías se deja un espesor de 0,05 mm. Al igual que en el caso del dentado se realiza una matriz conducida por curva sobre el croquis y la "Spline" del filo, dando así el producto final.

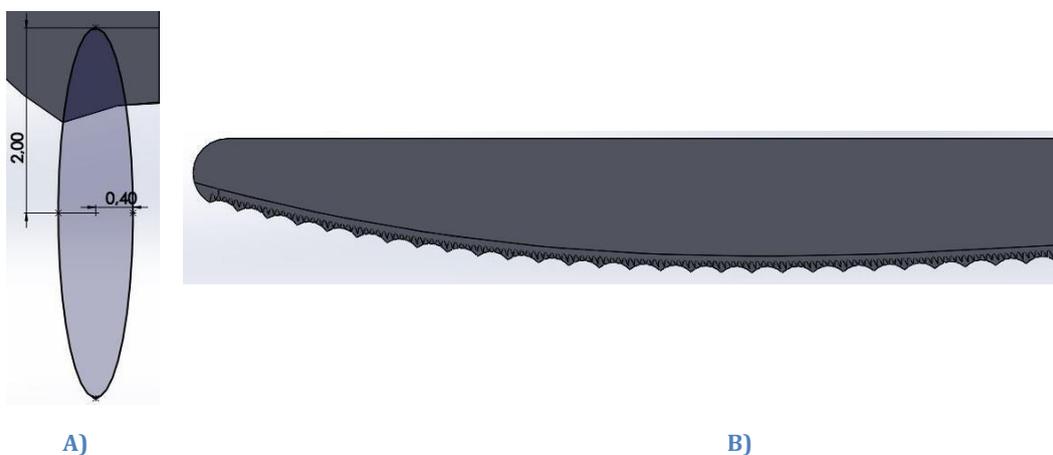


Figura III.13. A) Croquis de una estría. B) Hoja de sierra con estrías.

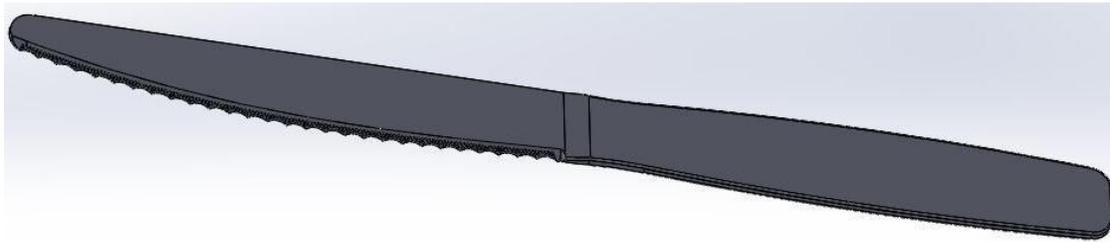


Figura III.14. Resultado final del cuchillo.

III.4.4. Comparación del tamaño de los cubiertos.

Se ha realizado un ensamblaje para comparar el tamaño de los cubiertos, pues al ser los tres un juego también se pretende que sean acordes entre ellos. Se puede apreciar en la Figura III.15 que los tres son iguales y que cumplen con este criterio.

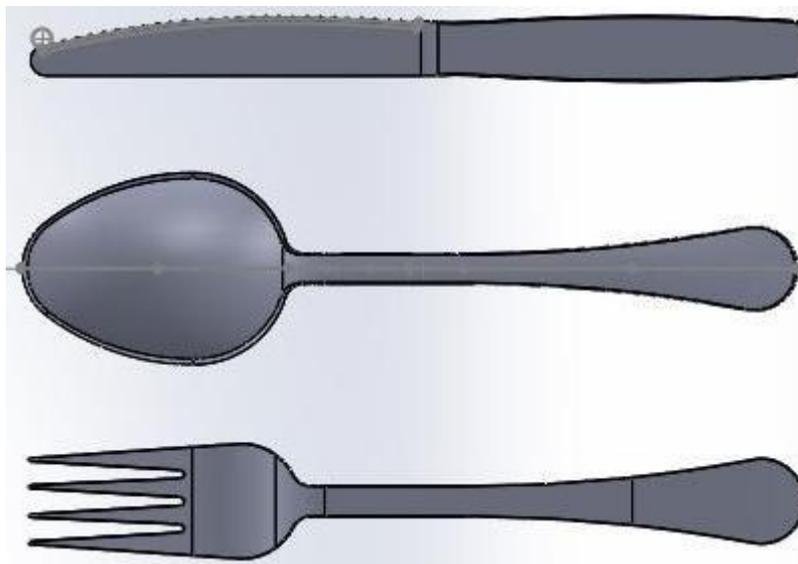


Figura III.15. Juego de cubiertos diseñados.

III.5. SIMULACIONES DE ESFUERZOS

Las simulaciones de esfuerzos se han realizado con la extensión “Simulation” de la herramienta informática SolidWorks y la intención de estas es calcular las tensiones que se generan en las piezas y los desplazamientos máximos al aplicar las fuerzas que corresponden para las funciones a las que están destinados.

Las fuerzas aplicadas a las diferentes piezas no son iguales, igual que la forma de estas, pues cada una está destinada a una función, pero si coinciden en el material de fabricación, por lo que en primer lugar se introduce en la biblioteca de materiales los diferentes datos del material para que la herramienta pueda calcular el comportamiento de la pieza con él.

Los datos del material se han obtenido de la hoja técnica que proporciona el fabricante, pero como faltaban algunos de los datos que se requieren se ha accedido a la base de datos CES Edupack y se han completado los datos restantes. Los datos introducidos se guardan en la herramienta y no es necesario volverlos a introducir para las otras piezas.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.413	N/D
Módulo cortante	525	N/mm ²
Densidad de masa	910	kg/m ³
Límite de tracción	40	N/mm ²
Límite de compresión	42.6	N/mm ²
Límite elástico	36.4	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	100	/K
Conductividad térmica	0.213	W/(m·K)
Calor específico	1700	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura III.16. Datos del material introducidos en la biblioteca de materiales de SolidWorks.

III.5.1. Estudio de esfuerzos del tenedor

III.5.1.1. Preparación de la pieza

Para el estudio de fuerzas del tenedor se ha simulado una fuerza aplicada sobre las púas del instrumento de manera que equivalga a la incisión de estas en un alimento. De ha estimado que la fuerza necesaria para que las púas penetren en un alimento es de unos 0,5 kg, o 4,9 N, de modo que las simulaciones se han realizado con fuerzas de 8 N, para asegurar que las piezas no romperán.

El primer paso para realizar las simulaciones es situar las fijaciones necesarias para que al aplicar las fuerzas no se desplace la pieza. Esto se ha realizado fijando el mango hasta el inicio del cabezal, lo cual simula una mano cogiendo el cubierto.

Con la pieza fijada se procede a la aplicación de las fuerzas que se aplicarán sobre el tenedor, tanto en valor como en dirección.

Por último se debe mallar la pieza. La creación de esta malla permitirá que el “Solver” de la herramienta informática calcule las tensiones y deformaciones que se piden para analizar el comportamiento de la pieza.

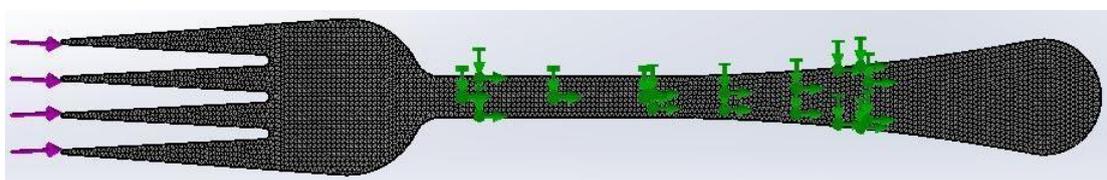
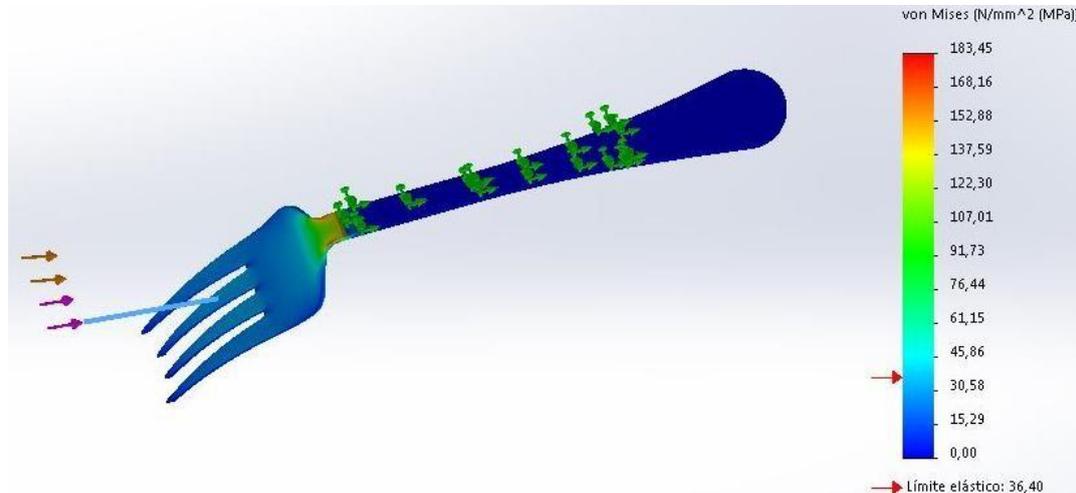


Figura III.17. Fijaciones, fuerzas aplicadas y mallado del tenedor.

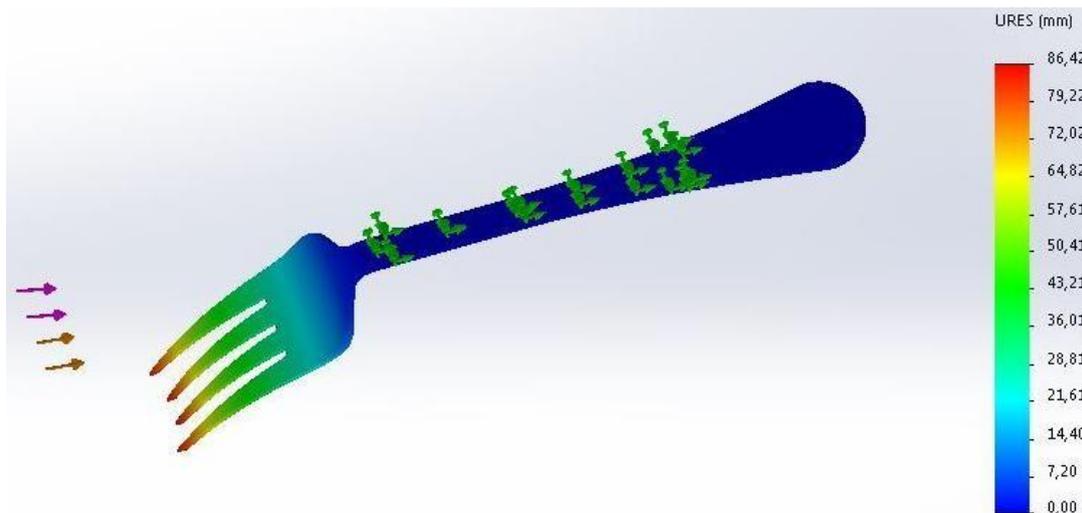
III.5.1.2. Análisis de resultados

Al realizar las simulaciones con el tenedor se puede observar claramente que la pieza no resistirá a los esfuerzos requeridos. Por una parte se ha intentado analizar el comportamiento de la pieza bajo los 8 N de fuerza antes especificados, pero los grandes desplazamientos producidos por las fuerzas han impedido al “Solver” devolver los resultados de la simulación.

Al no poder solucionar el problema se han reducido las fuerzas a 5 N, caso en el que la herramienta informática sí ha podido devolver los resultados. Aun así, se puede observar que los resultados no son buenos, pues hasta reduciendo la fuerza aplicada a la pieza se supera el límite elástico, y esta acabaría rompiendo por el mango o produciendo deformaciones permanentes que dejarían el instrumento inservible.



A)



B)

Figura III.18. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza a las púas. B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza a las púas.

Después de analizar estos resultados se llega a la conclusión de que es necesario rediseñar la pieza para que pueda cumplir con las especificaciones mínimas requeridas.

III.5.2. Estudio de esfuerzos de la cuchara

III.5.2.1. Preparación de la pieza

En lo que respecta a la cuchara, la fuerza que se aplica sobre esta no tiene nada que ver con el tenedor o el cuchillo, pues como mucho debe soportar el peso de la comida que quepa en su cuenco. Aun así se ha aplicado una fuerza de 5 N, poco más de medio kg, para asegurar la resistencia de la pieza.

Para realizar las simulaciones se aplica el mismo procedimiento que para el tenedor. En primer lugar se debe fijar la pieza para que esta no se desplace al aplicar los esfuerzos, lo cual, al igual que con el tenedor, se realiza fijando el mango de modo que simule una mano al cogerlo.

Después de fijar el mango se aplica una fuerza sobre la superficie del cabezal de la cuchara que simule la sujeción de un alimento.

Por último, se aplica el mallado a la pieza de modo que la herramienta informática sea capaz de realizar los cálculos correspondientes a los esfuerzos que se desean analizar.

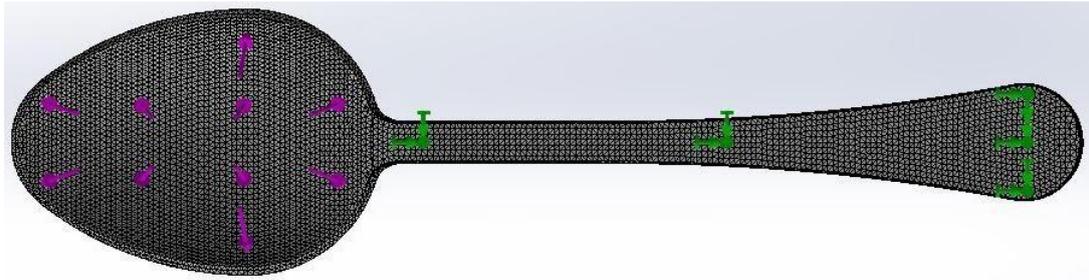
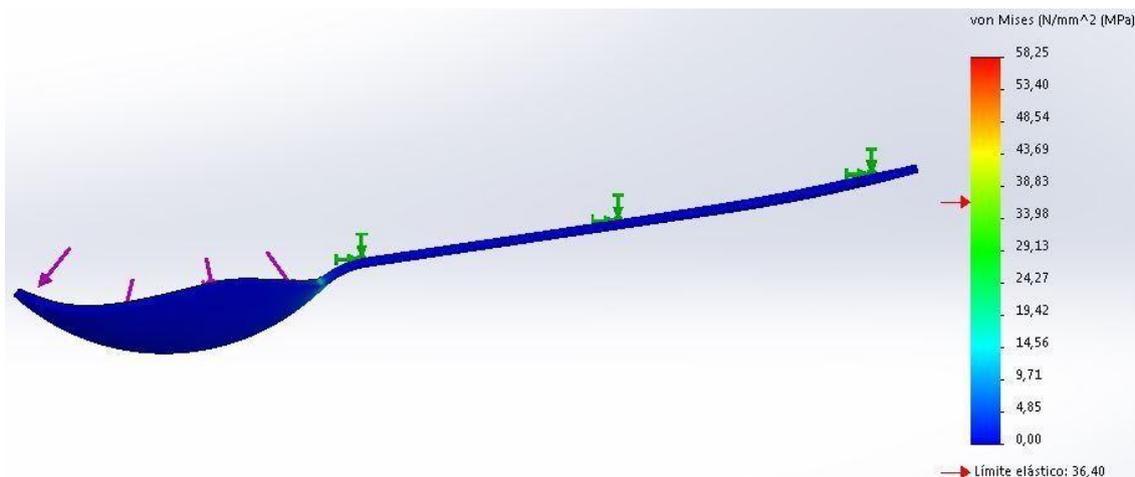


Figura III.19. Fijaciones, fuerzas y mallado de la cuchara.

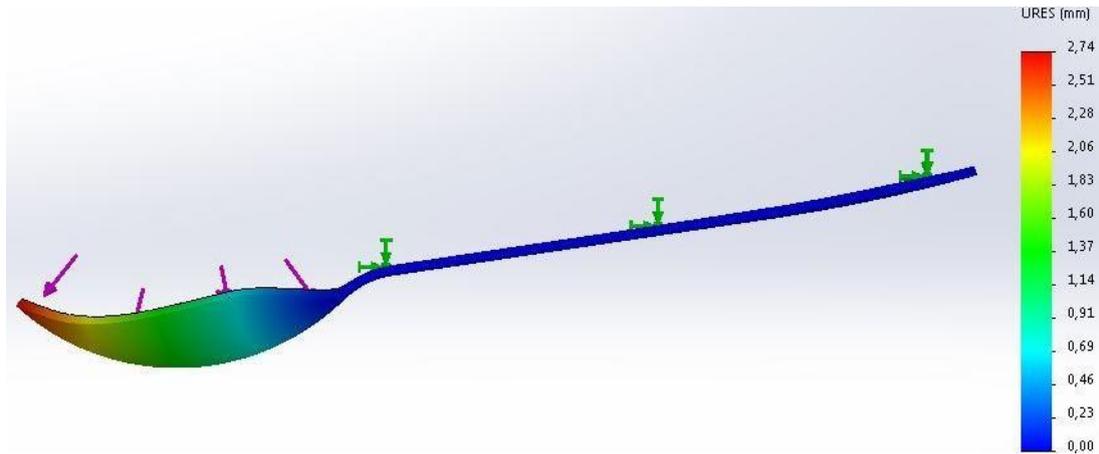
III.5.2.2. Análisis de resultados

Una vez realizado el análisis, se puede apreciar que las deformaciones producidas son mínimas, de 2,7 mm en el extremo del cabezal, y que las tensiones que se producen no superan en ningún momento el límite elástico, por lo que estas deformaciones no serán permanentes. La parte que más tensión soporta es en cuello del mango, pero la parte más crítica de este queda con unos 25 MPa de tensión, cuando el límite está en 36,40 MPa.

Analizando estos resultados se puede concluir que la pieza cumple con las restricciones especificadas y por tanto, a diferencia del tenedor, no necesita ser rediseñada.



A)



B)

Figura III.20. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza sobre la superficie del cabezal. B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza sobre la superficie del cabezal.

III.5.3. Estudio de esfuerzos del cuchillo

III.5.3.1. Preparación de la pieza

Para la preparación del cuchillo se procede exactamente igual que en los dos casos anteriores. En primer lugar se considera que la fijación se sitúa en el mango completo, como si fuese una mano que sujetase el instrumento.

Al aplicar las fuerzas se tiene en cuenta que el cuchillo es el instrumento que sirve para separar y cortar los alimentos. Aun así pese a la fuerza vertical que se aplica también influye que la sierra ayuda a la acción de corte. Por esto, la fuerza aplicada se ha considerado de 10 N en dirección vertical, teniendo en cuenta que se pretende que la pieza no rompa.

Por último se realiza el mallado que ayudará a la herramienta informática a resolver los estados tensionales.

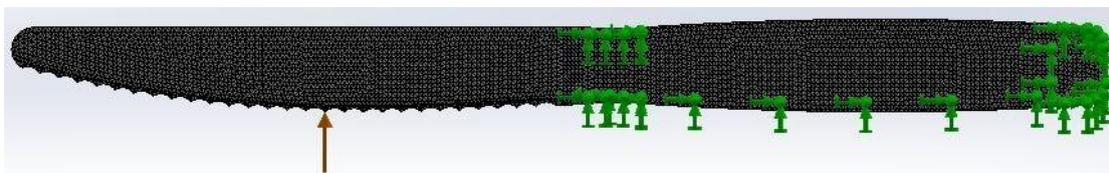
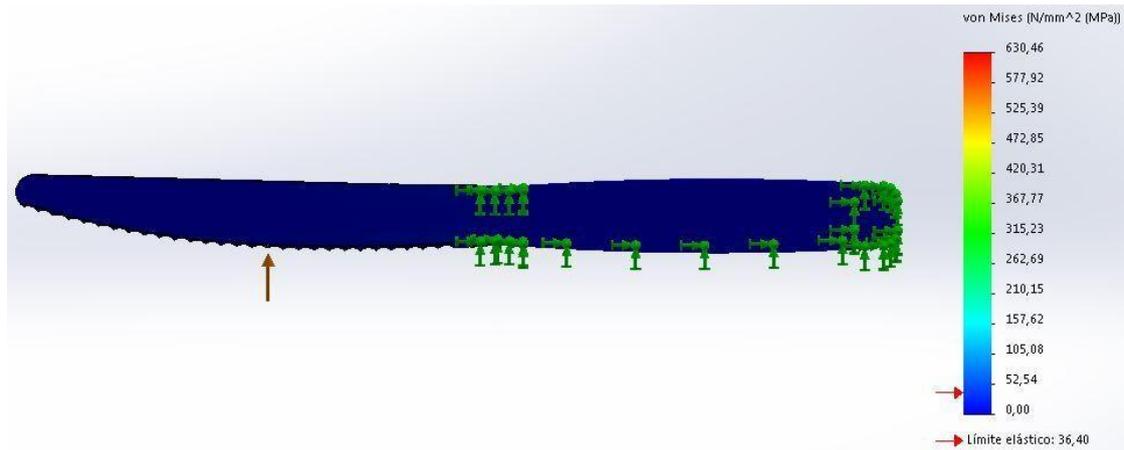


Figura III.21. Fuerzas, fijaciones y mallado del cuchillo.

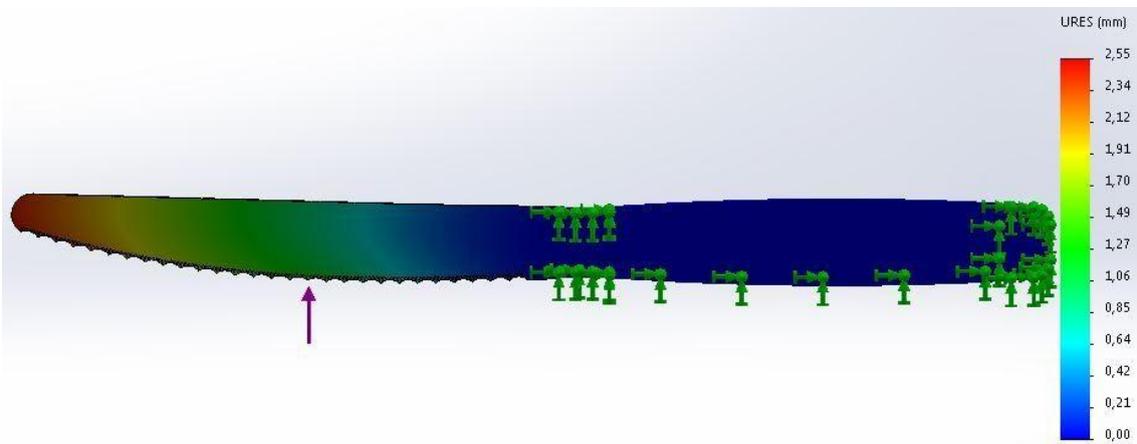
III.5.3.2. Análisis de resultados

Analizando los resultados de tensiones y deformaciones en el cuchillo se puede observar que no se aprecia casi ningún efecto sobre el instrumento. Por un lado no hay acumulación de tensiones en la hoja y, por tanto, no se sobrepasa el límite elástico y las pocas deformaciones que se aprecian no serán permanentes.

Después de analizar los resultados obtenidos en las simulaciones se puede afirmar que el cuchillo no precisa un rediseño en sus dimensiones.



A)



B)

Figura III.22. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 10 N verticalmente respecto a la hoja. B) Resultados de deformaciones aplicando 10 N verticalmente respecto a la hoja.

III.6. REDISEÑO DE LAS PIEZAS

Después de realizar las simulaciones de esfuerzos de las piezas diseñadas cabe la posibilidad de que estas no cumplan las restricciones que se les pide. En este caso la cuchara y el cuchillo si se comportan adecuadamente frente a las fuerzas aplicadas, pero el tenedor no puede trabajar bajo las condiciones que se le aplican.

III.6.1. Rediseño de la geometría del tenedor

El rediseño de la pieza en cuestión se ha centrado en un aumento del espesor de la forma del perfil del cubierto, pero dado que esta modificación implicaba un aumento en el espesor de las púas también se ha realizado una disminución de la sección desde la raíz hasta el extremo de estas, de manera que la penetración de estas en los alimentos sea más sencilla.

Así la modificación queda con la raíz de las púas de 3 mm de espesor mientras este empieza a disminuir hasta el extremo de dichas púas, donde es espesor es de 1,5 mm y donde, por el corte, se genera también un pequeño ángulo que le da más punta.

La proyección del tenedor queda sin modificar, por lo que este se ve igual desde arriba que con el anterior modelo.

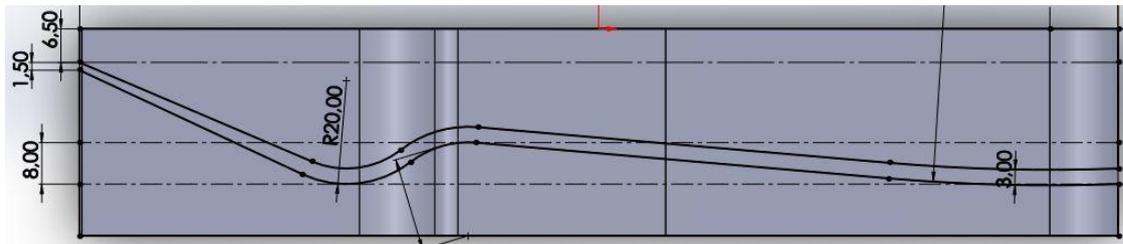


Figura III.23. Perfil rediseñado del tenedor.

III.6.2. Simulaciones con el tenedor rediseñado

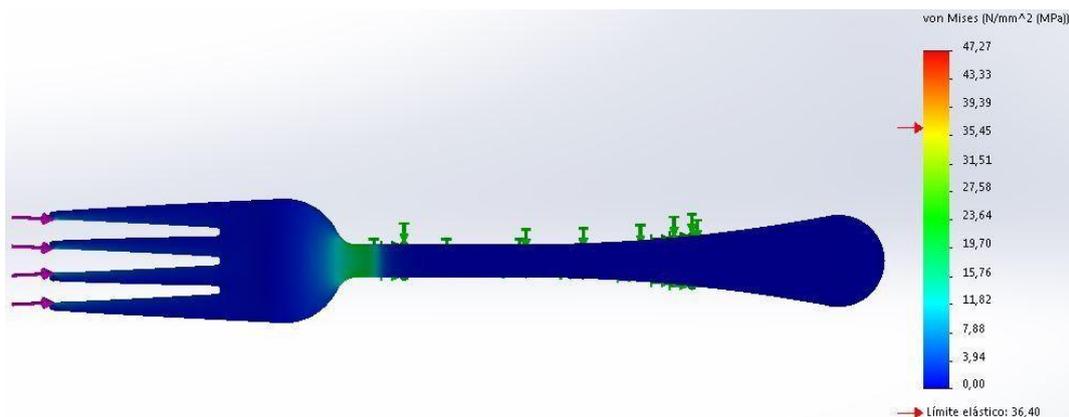
Una vez rediseñada la pieza, se han vuelto a realizar las simulaciones para comprobar que si puede cumplir con las restricciones establecidas anteriormente.

Para esto se ha procedido como la primera vez para preparar la pieza que se desea simular. Primero se ha fijado el mano para simular que lo coge una mano, se ha situado la fuerza de 8 N en el extremo de las púas, y se ha mallado el modelo para permitir la devolución de resultados por parte de la herramienta informática.

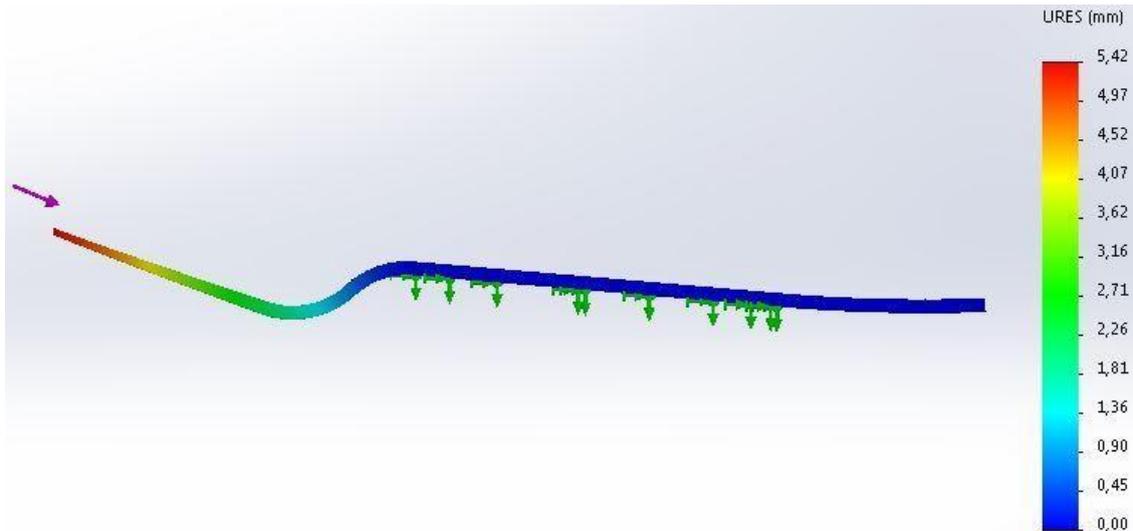
Esta vez no se han generado errores de ningún tipo, y se puede apreciar que el cubierto no se va a romper esta vez, tanto por tensiones como por desplazamientos.

En lo que respecta a las tensiones soportadas, se puede observar que esta vez no superan el límite elástico, en la parte más crítica su valor ronda los 30 MPa. Los desplazamientos, por otro lado, son de unos 5 mm en el extremo de las púas, pero dado que las tensiones no superan el límite elástico, estas no serán permanentes.

En conclusión, se puede afirmar que el rediseño de la pieza es válido para producirse y llevar a cabo el proyecto.



A)



B)

Figura III.24. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza a las púas.
B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza a las púas.

III.7. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN (INYECCIÓN)

La simulación del proceso se realiza para comprobar que se puede llevar a cabo la producción de las piezas en serie y observar así el flujo del material a través del molde que se fabricará para ello. También se pueden analizar los efectos que el proceso puede tener y los resultados finales del producto.

Para realizar el proceso, se tiene en cuenta que se pretende simular un proceso real y por tanto se debe pensar en el tipo de producción en serie que se busca, por esto se pretende diseñar un molde que pueda producir las tres piezas al mismo tiempo, y, si puede ser, más de un juego en una misma inyectada.

III.7.1. Preparación del modelo

Para empezar se introducen las piezas diseñadas previamente con la herramienta informática SolidWorks a la herramienta informática Moldflow en formato STL. Se debe tener en cuenta el formato para que se puedan introducir, y dado que el material ya se había introducido en la herramienta de diseño, se ha introducido de forma automática en la herramienta del proceso.

Las piezas introducidas se sitúan en posiciones aleatorias, por lo que se las organiza introduciendo coordenadas para que estas estén en una distribución apta para un molde, de modo que se han situado las tres a la misma altura una al lado de la otra para posteriormente mallarla con una densidad de malla de 5 mm.

Dado que se pretende que el molde sirva para producir varios juegos de cubiertos al mismo tiempo se ha optado por la realización de cuatro juegos situando los puntos de inyección en los extremos de los mangos de las diferentes piezas, facilitando así la entrada del material en la pieza, como se puede observar en la Figura III.25.

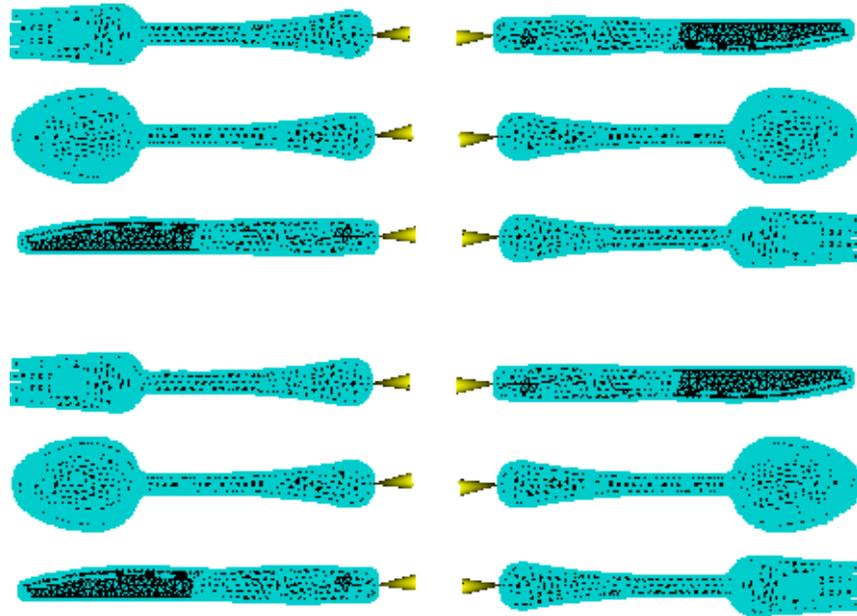


Figura III.25. Distribución de las piezas en el molde con los puntos de inyección situados.

Con las piezas distribuidas se procede a introducir los canales de distribución del material, por los cuales se moverá el material hasta las piezas. Para ello se deben introducir sus datos de geometría, así como la posición del bebedero por el que el material pasa de la máquina al molde.

El bebedero se ha situado en el centro del molde, y se le ha aportado una geometría cónica circular que pasa de 8 mm a 7 mm de diámetro. Los canales tienen el mismo diámetro que el final del bebedero, es decir, 7 mm y su geometría es cilíndrica circular. Por último, las boquillas de los puntos de inyección de cada cavidad tienen, como el bebedero, una geometría cónica circular que pasa de los 7 mm a los 4,5 mm de diámetro, aumentando así la presión de inyección en la cavidad.

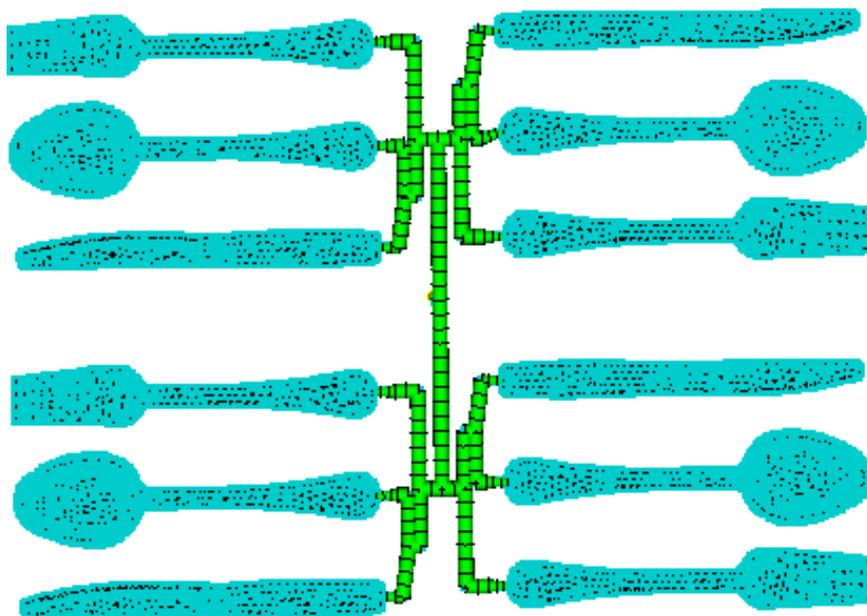


Figura III.26. Canales del molde.

III.7.2. Simulación del proceso

Una vez establecidos los datos geométricos se procede a realizar una simulación del proceso. Para ello se establece en primer lugar el tipo de simulación que se pretende realizar. En este caso se trata de un proceso de llenado y compactación con análisis de defectos con un tiempo de ciclo de 30 segundos sin canales de enfriamiento. La temperatura. El sistema del molde es de canales fríos.

Con estos datos se lanza la simulación y se analizan los datos obtenidos.

El primer dato analizado es el llenado. Después del análisis se observa que la pieza que más tarda en llenarse es la cuchara, y la que menos tarda es el tenedor. El llenado completo se realiza a los 1,713 segundos, por lo que en ese momento empieza la compactación del material.

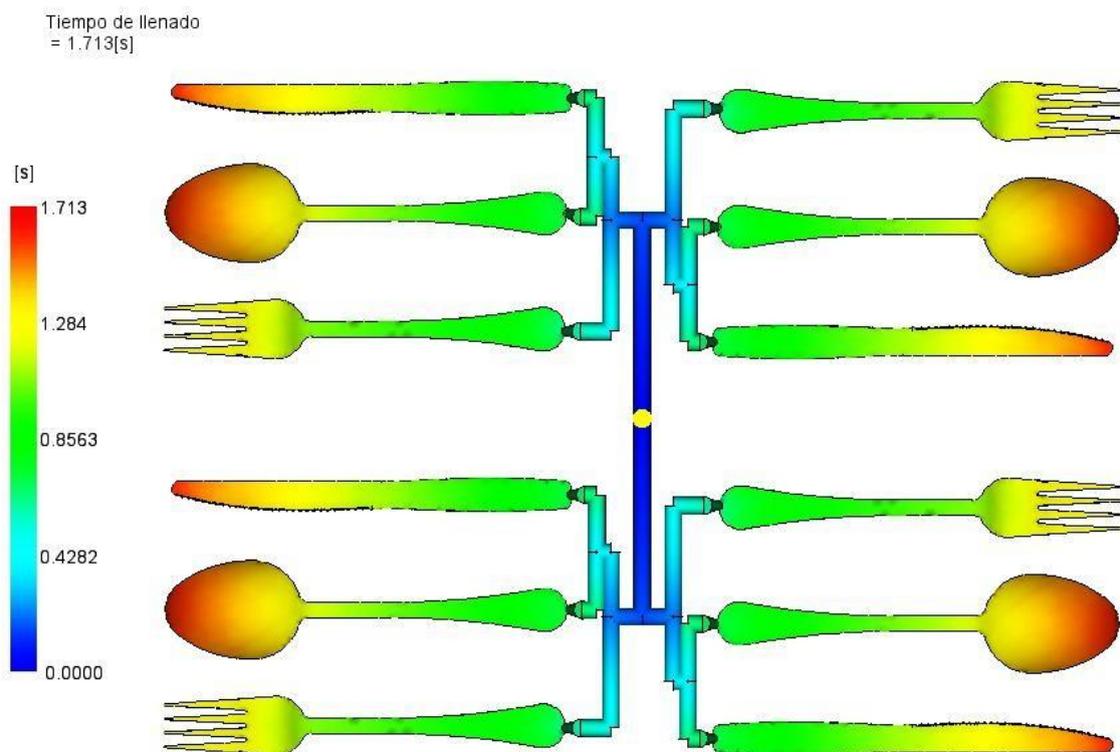


Figura III.27. Tiempo de llenado.

La compactación posterior dura 15 segundos, lo cual se ha visto en los datos de análisis y con ello se puede observar la fracción de llenado de las cavidades.

Las cavidades se han llenado al completo, por lo que los datos introducidos de geometría y de proceso son aptos para producir el producto.

Por último, el enfriamiento termina a los 30 segundos, como se había establecido previamente quedando la pieza totalmente sólida y lista para extraer del molde. La extracción la realizan los extractores del molde.

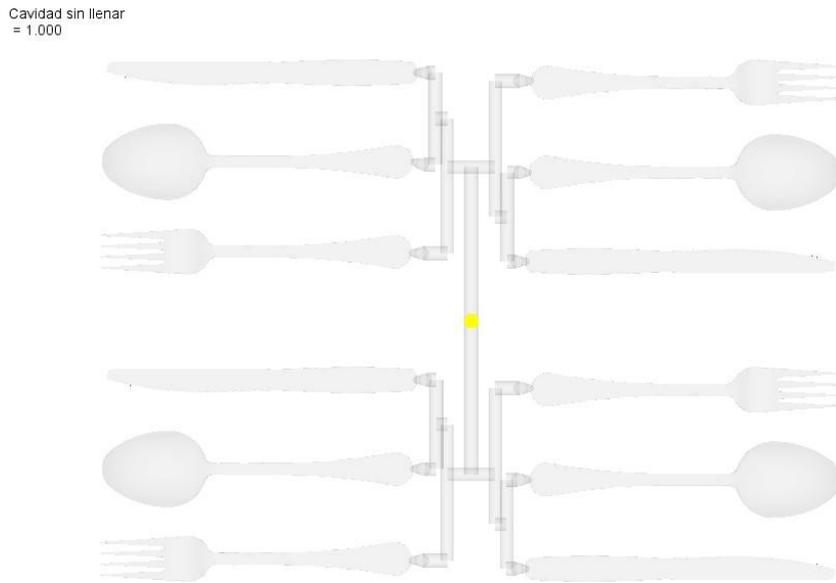


Figura III.28. Fracción de cavidad sin llenar.

En cuanto a los defectos se han analizado en primer lugar aquellos que afectan a la geometría de las piezas. Se puede observar que la pieza no existen rechupes ni contracciones apreciables, por lo que la pieza queda igual o casi igual a como estaba diseñada, tanto por dimensiones como por defectos de forma.

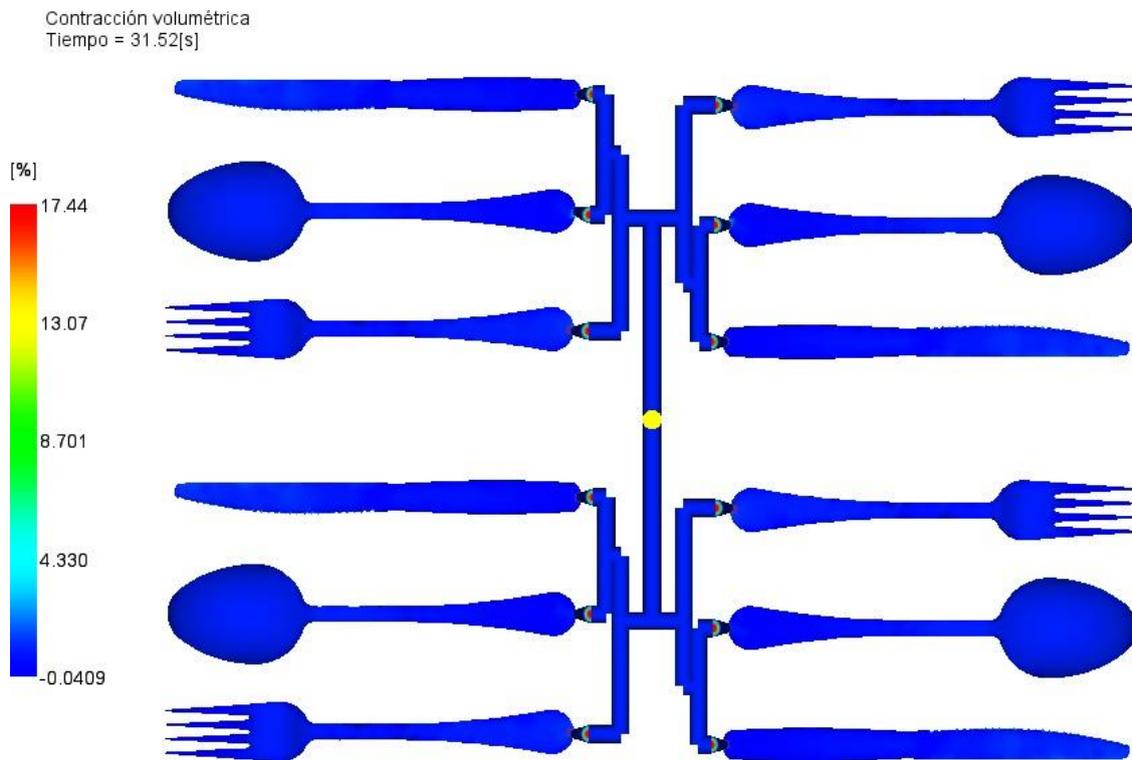


Figura III.29. Contracción.

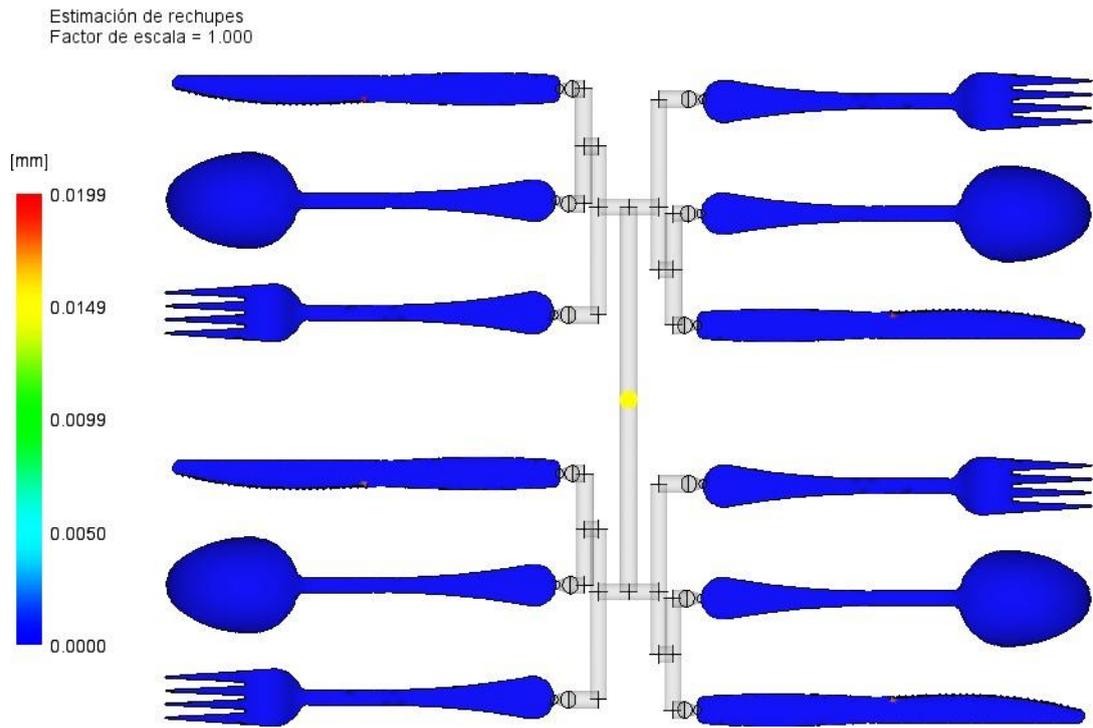


Figura III.30. Rechupes.

Un defecto que puede afectar a las funciones de las piezas son los atrapamientos de aire en las piezas, pequeñas burbujas donde falta material y que son puntos propensos a acumular las tensiones de la pieza y por tanto zonas de posible rotura de la pieza. En el caso de estas piezas no aparecen atrapamientos de aire, al menos de forma aparente, pues se trata de una simulación teórica.

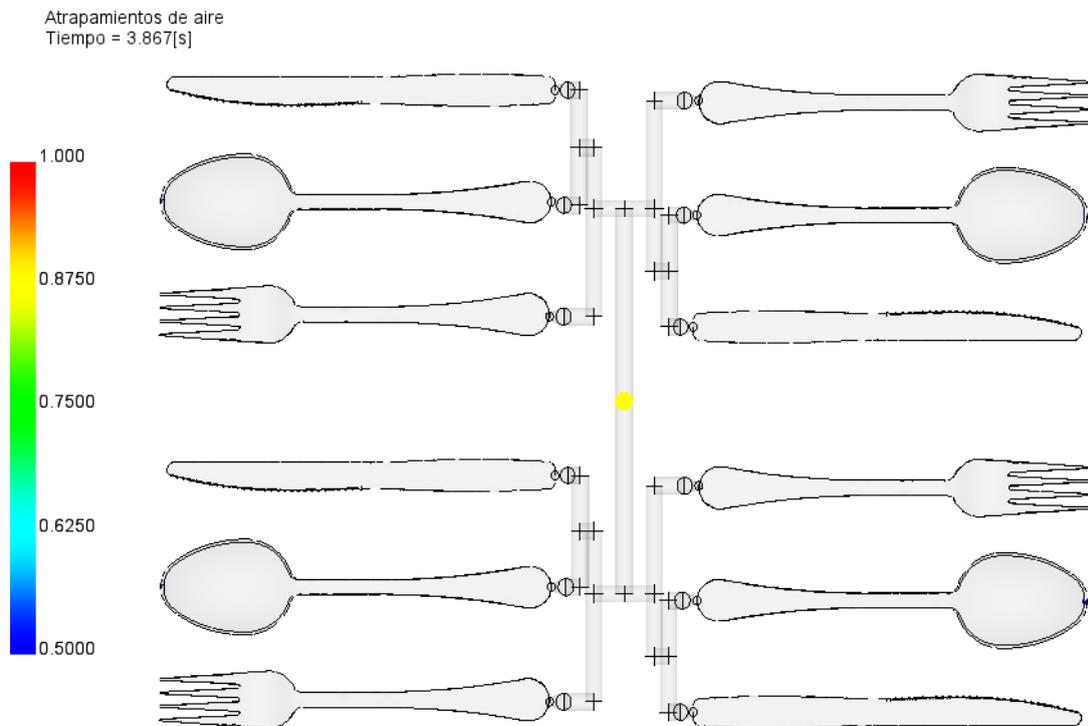


Figura III.31. Atrapamientos de aire.

Las líneas de soldadura suelen ser también puntos de acumulación de tensiones y si se encuentran cruzando la pieza pueden provocar la rotura de las piezas. En el caso de las piezas diseñadas se pueden observar pequeños puntos de soldadura casi inapreciables, sobretodo en el cuchillo por la geometría con la que se ha diseñado en la parte de la hoja.

Pese a ello, se pueden despreciar estos defectos teóricos porque se trata de puntos muy pequeños, y no líneas que crucen las piezas.

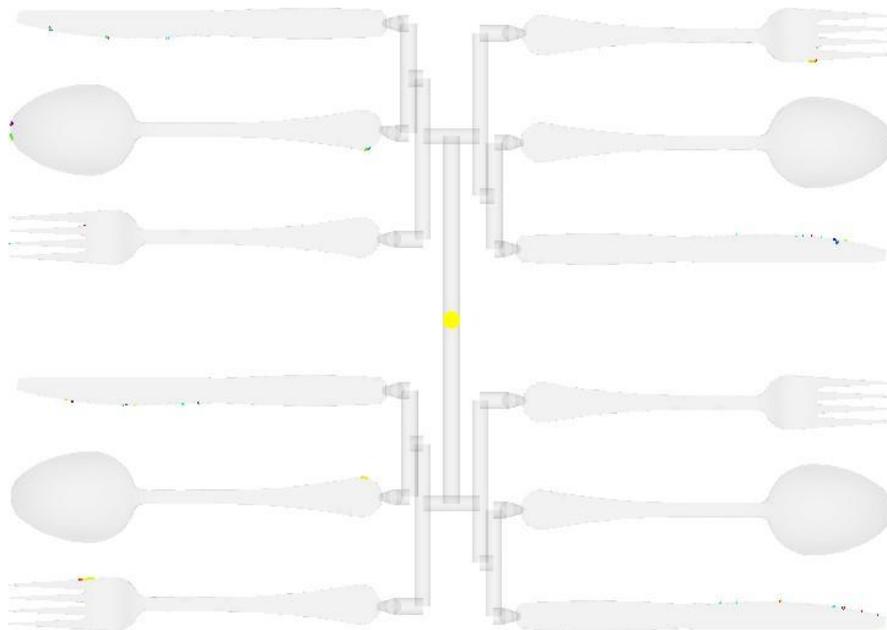


Figura III.32. Líneas de soldadura.

III.8. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico pretende determinar el coste de producción de un juego de cubiertos y la cantidad de juegos necesarios para amortizar el molde.

En primer lugar se ha estimado el precio del molde sobre 50000 € por las dimensiones y las cavidades que posee. Por lo que a partir de cubrir este coste los siguientes cubiertos serán beneficiosos.

Para producir el producto se considera llevar el molde, el material en granza y el producto a una empresa que se encargará de inyectar el material y realizar el postprocesado de corte de bebederos.

Se estiman unos valores iniciales de precio por hora que demanda la empresa para la inyección más el precio por hora del operario que debe encargarse de realizar el postprocesado. El precio del material se obtiene de la base de datos del que se ha consultado, pero la cantidad de material a utilizar se debe estimar.

Gracias a la herramienta informática de simulación de procesos Moldflow Synergy se conoce el peso aproximado del material que se necesita para producir las piezas, ya que se puede ver el peso aproximado de las piezas. Se consideran cuatro juegos de 17 g cada uno dentro del molde y 8 g de bebederos en total.

Dado que el trabajo del operario depende de la cantidad de piezas que se inyecten se ha de considerar primero la cantidad de piezas que se producen, y después el tiempo que dedica a cada una.

Peso de un juego	17	g	Precio del material	1,3	€/kg	Tiempo de máquina	160	h
Cantidad de material por molde	76	g	Precio de máquina	40	€/h	Tiempo por inyectada	30	s
Coste del molde	50000	€	Precio de operario	7,5	€/h	Tiempo de operario (por juego)	120	s
Encendido máquina	2000	€						

Tabla III.4. Datos iniciales del estudio económico.

Con estos datos se calcula en primer lugar la cantidad de inyectadas que se realizarán y, por tanto, la cantidad de juegos que se producirán con las horas de máquina contratadas y teniendo en cuenta el tiempo de ciclo para cada inyectada.

Se ha considerado que los juegos se van a vender en paquetes de 6 piezas de cada una, es decir, 18 cubiertos por paquete.

Inyectadas (Uds.)	Juegos (Uds.)	Total paquetes (Uds.)
19200	76800	12800

Tabla III.5. Cantidad de producción.

Con la cantidad de juegos calculada se puede estimar el tiempo de operario necesario para cortar el material sobrante de los bebederos tras expulsarlos del molde. Si implica mucho tiempo se contratarán más operarios para que puedan realizar el trabajo en menor tiempo, ya que el coste no variará.

Tiempo de operario total (h)	Operarios para el postprocesado	Tiempo de postprocesado (h)
2560	4	640

Tabla III.6. Tiempo de operario en el postprocesado.

Obtenidos los tiempos finales y la cantidad de juegos realizados se podrá calcular el coste total de la producción y con ello el coste de cada juego.

Coste total operario (€)	Coste total máquina (€)	Encendido máquina (€)	Cantidad de material (kg)	Coste material (€)	Coste de producción de 76800 juegos (€)	Coste por juego (€)
19200	6400	2000	5836,8	7587,84	35187,84	0,458175

Tabla III.7. Costes de producción.

Una vez calculados los costes se han consultado los precios medios de un juego de cubiertos cuchara, cuchillo y tenedor tanto de acero como de plástico. Los precios medios del acero rondan los 3,50 € las tres piezas mientras que los de plástico rondan los 1,70 € el juego completo.

La razón para consultar el precio de los juegos de acero es la premisa de abaratar el coste total de los cubiertos respecto a estos, y en cuanto a los juegos de plástico, se pretende vender un producto competitivo.

Se ha considerado vender el producto a un 300 % del coste de producción, convirtiendo el producto en rentable, competitivo y más barato que los juegos de acero.

Con esto se puede calcular la cantidad de paquetes necesarios para cubrir los gastos del molde y empezar a obtener beneficios, así como los beneficios obtenidos con los paquetes restantes del lote, si los hay.

Precio de venta al público por juego (€)	Beneficio obtenido por juego (€)	Beneficio obtenido por paquete (€)	Paquetes necesarios para obtener beneficios (Uds.)	Beneficios obtenidos con el lote (€)
1,4	0,9	5,65095	8848,069794	3722,03

Tabla III.8. Beneficios del primer lote.

IV. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se pueden considerar los diferentes aspectos de los objetivos, ya que se han llevado a cabo con éxito.

En primer lugar, la elección del material se ha llevado a cabo siguiendo las directrices de toxicidad establecidas por la legislación vigente, lo cual ha limitado en gran cantidad las opciones a elegir. También se han seguido las restricciones relacionadas con tensiones y resistencias a temperatura de modo que se produzca un producto competitivo y de calidad para ofrecer al consumidor unas prestaciones que puedan asemejarse a las vajillas habituales.

Otro aspecto del material que se ha tenido en cuenta es la propiedad de reciclabilidad sin ser este biodegradable, de modo que cumpla la restricción de la durabilidad.

En cuanto al diseño, pese a haber intentado realizar las piezas de dimensiones similares, han surgido problemas con el tenedor, pues no podía cumplir con las restricciones necesarias. Esto ha llevado a su rediseño aumentando su espesor, pero se ha podido mantener la geometría de la proyección y la longitud de la pea, manteniendo en gran medida la igualdad de dimensiones entre las piezas.

El peso, que viene acompañado de los requisitos de diseño, se ha reducido considerablemente respecto a una vajilla metálica, por lo que se cumple el requisito necesario para el enfoque del uso comercial en acciones y barcos en los que se pretende reducir el peso de carga, de modo que el transporte no vaya tan cargado o que se pueda aprovechar esta reducción de peso para llevar un cargamento más pesado.

El proceso de producción no presenta grandes dificultades, la geometría de las piezas diseñadas es bastante simple y está enfocada a la reducción de fallos en su fabricación, como por ejemplo el redondeo en la mayor parte de sus geometrías, evitando así que los puntos en ángulo se conviertan en potenciales acumuladores de tensiones o incluso en zonas de atrapamientos de aire o cualquier tipo de defecto de proceso.

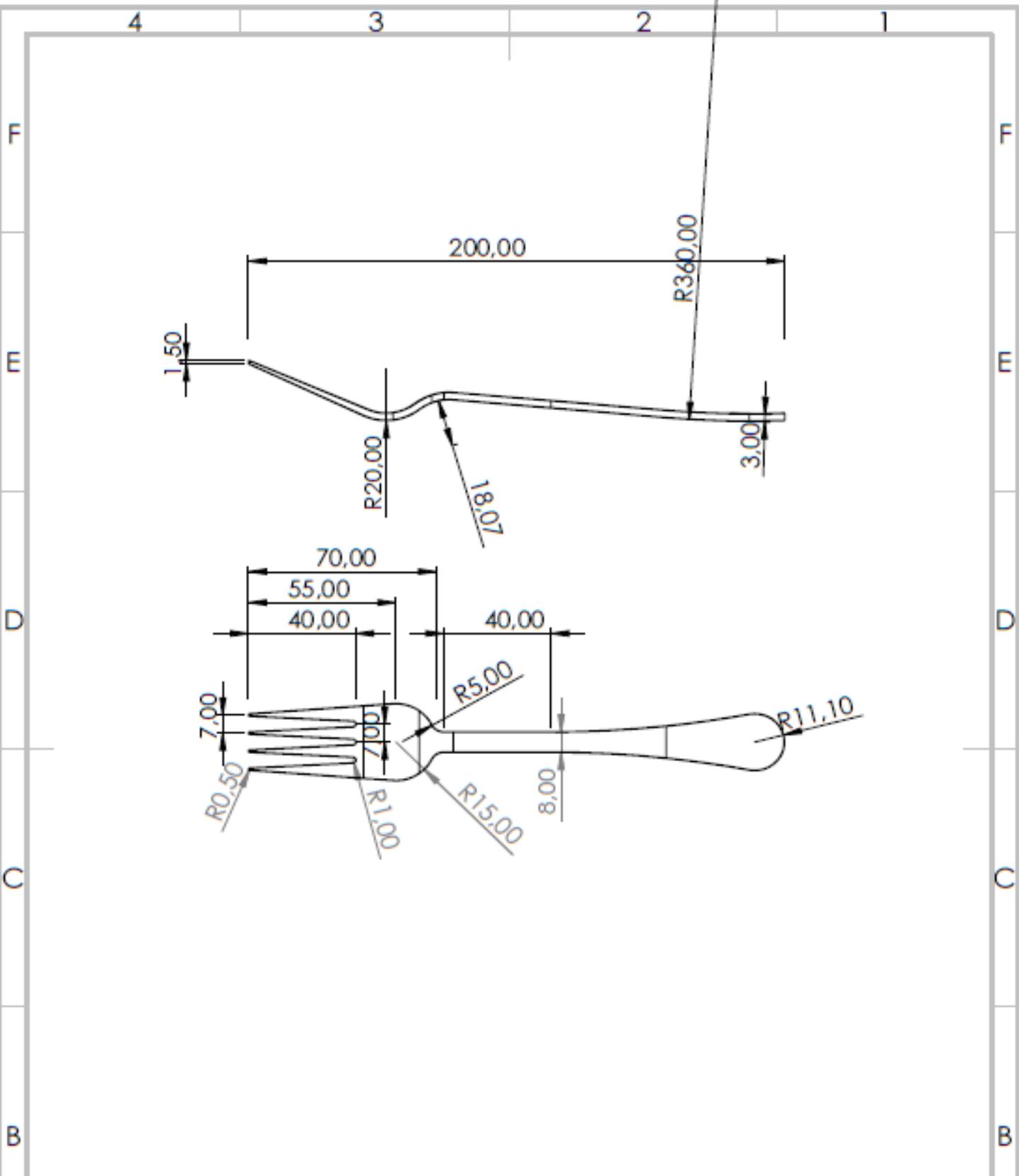
Finalmente, si se tiene en cuenta que el producto va enfocado a la venta a grandes empresas comerciales de transporte se puede esperar que se compren grandes cantidades del producto para cubrir los diferentes vehículos que estas puedan poseer, y por tanto, cubrir los gastos y empezar a obtener beneficios en un tiempo relativamente corto.

V. ANEXO 1 - REFERENCIAS

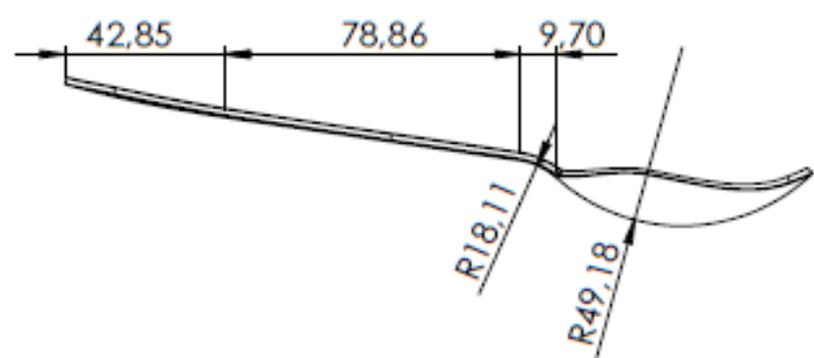
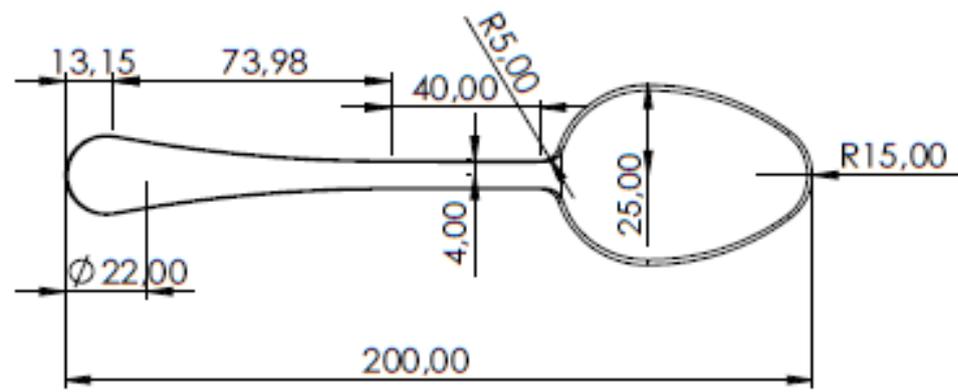
WEBS VISITADAS:

- <https://www.bioecoactual.com/2016/12/04/plasticos-alimentarios-cuales-son-seguros-por-raul-martinez/>
- https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/46568/2/ci2_avanzado_2014-15_Como-elaborar-TFG-Ciencias.pdf
- https://www.grupocrisol.com/sugerencias/curiosidades/cuberteria/origen_de_lo_s_cubiertos/2/
- <https://www.curiosfera.com/historia-de-los-cubiertos/>
- <https://www.protocolo.org/miscelaneo/reportajes/historia-del-cubierto-1.html>
- <https://www.gruposancristobal.es/blog/la-historia-de-los-cubiertos-cuchara-tenedor-y-cuchillo/>
- <https://www.protocolo.org/social/la-mesa/tipos-de-cubierto-piezas-de-la-cuberteria-uso-de-los-cubiertos.html>
- <https://www.tupperware.es/productos/todo-lo-que-necesitas-saber/consejos>
- <http://productosendy.com/conoce-los-tipos-de-cubiertos-y-sus-funciones/>
- <http://tucarnetdemanipuladordealimentos.com/cuberteria-sirve-cubierto-cuchara-cuchillo-tenedor/>
- <http://19bis.com/objectbis/2008/page/56/>
- <https://www.sartenesycazuelas.com/cuberteria-completa/#tipos-de-materiales-de-cuberterias>
- <https://jalvarez7399.wordpress.com/2013/12/04/plasticos-comodities/>
- <https://www.vertederocero.com/tipos-de-plasticos-y-sus-numeros/>
- <https://ifydaconsultores.com/legislacion-sobre-envases-plasticos-alimentarios/>
- <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0027893>
- <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/5721-Materiales-plasticos-para-uso-alimentario-Legislacion-normativa-y-recomendaciones.html>
- http://www.aecosan.mssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/ampliacion/materiales_plasticos.htm
- <https://www.albis.com/en/products/product-search/product/albis/ALTECHPPHA4940106MR40?grade=ALTECH%20PP-H%20A%20>
- <https://www.materialdatacenter.com/ms/ja/Altech/Albis+Plastic+GmbH/103>
- <https://www.albis.com/en/products/product-search/?grade=ALTECH%20PP-H%20A%201000%2F249%20FR&producer=5&brand=ALTECH&polymer=271&polymer=272&polymer=272-17&polymer=40&polymer=276>

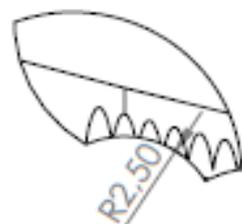
VI. ANEXO 2 - PLANOS



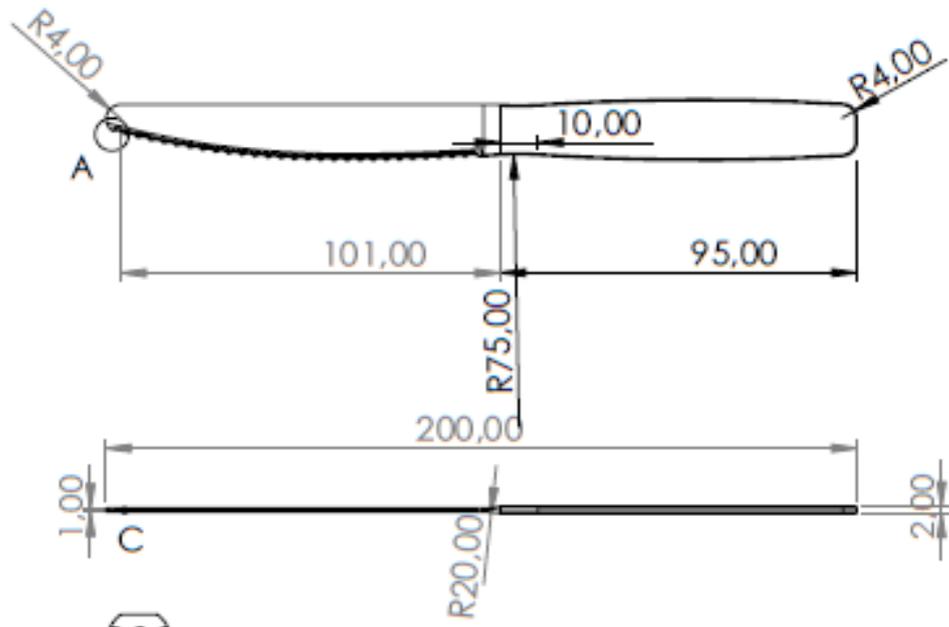
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COSAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARESTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
OB.U.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.				<h1>Tenedor</h1>	
N.PROB.					
FABR.				N.º DE DIBUJO	A4
CAUD.				MATERIAL: Polipropileno PP; ALTECH PP-H A 1000/249 FR	1
				PESO: 4 g	ESCALA: 1:2
					HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COSAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLENCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARENAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
OBJ.	NOMBRE	FRMA	FECHA			TÍTULO: <h1>Cuchara</h1>			
VERIF.									
A. PROB.									
FABR.									
CAUD.									
				MATERIAL: Polipropileno PP: ALTECH PP-HA 1000/249 FR		N.º DE DIBUJO <h1>2</h1>		A4	
				PESO: 7 g		ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1	



DETALLE A
ESCALA 5 : 1



DETALLE C
ESCALA 5 : 1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COSAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLENCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARESTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
OBUJ.	NOMBRE	FRMA	FECHA	TÍTULO: <h1>Cuchillo</h1>	
VERIF.					
A. PROB.					
FABR.					
CAJID.	MATERIAL: Polipropileno PP: ALTECH PP-H.A. 1000/249 FR			Nº DE DIBUJO <h1>3</h1>	A4
			PESO: 4g	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1

VII. ANEXO 3 - HOJA TÉCNICA DEL MATERIAL

ALTECH PP-H A 1000/249 FR

(Last update: 19.10.2016)

Base Polymer	Polypropylene Homopolymer
Filler/Additive System	flame retardant
Special Features	metal deactivator (stabiliser), high flow
Typical Applications	various

Pre-Drying Conditions
 in an air circulating dryer 80-120 °C
 for 2-4 h
 in a dry air (dessiccant) dryer 80-120 °C
 for 2-3 h
 dependant on moisture content

Processing Conditions
 injection moulding melt temperature 200-270 °C
 injection moulding mould temperature 20-90 °C

Storage
 dry, protected from light
 not above 30 °C

Properties	Value	Dimension	Test Norm
Mechanical Properties			
Flexural strength	50	MPa	ISO 178
Tensile modulus	2000	MPa	ISO 527
Tensile strength at break	40	MPa	ISO 527
Tensile elongation at break	14	%	ISO 527
Charpy impact strength 1eU	60	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact 1eA	2.2	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Thermal Properties			
Vicat B50	100	°C	ISO 306
HDT / A (1,8 MPa)	73	°C	ISO 75-1/-2
Rheological Properties			
MVR	30	cm ³ /10min	ISO 1133
MVR temperature	230	°C	-
MVR load	2.16	kg	-
Shrinkage - lengthwise (24h)	1.2 - 1.4	%	ISO 294-4
Shrinkage - lateral (24h)	1.6 - 2	%	ISO 294-4
Physical Properties			
Density	910	kg/m ³	ISO 1183
Flammability			
Flammability, 0.75 mm	HB	class	UL 94
Yellow Card available	yes	-	-

VIII. ANEXO 4 - NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

VIII.1. NORMATIVA

No existe ninguna normativa aplicable al proyecto en cuestión, por lo que no se adjunta en este apartado.

VIII.2. LEGISLACIÓN

VIII.2.1. Disposiciones comunitarias de directa aplicación

Reglamento (CE) 282/2008, de 27 de marzo de 2008, de la Comisión, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) no 2023/2006.

Reglamento (UE) 2016/1416 de la Comisión, de 24 de agosto de 2016, que modifica y corrige el Reglamento (UE) n.º 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos (las disposiciones relativas a los límites de migración específica del aluminio y del cinc que figuran en el punto 2, letra a), del anexo y la asignación de simulantes alimentarios del punto 3, letra c), del anexo, se aplicarán a partir del 14 de septiembre de 2018).

Reglamento (UE) 284/2011 de la Comisión, de 22 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones específicas y procedimientos detallados para la importación de artículos plásticos de poliamida y melanina para la cocina originarios o procedentes de la República Popular China y de la Región Administrativa Especial de Hong-Kong, China.

VIII.2.2. Disposiciones nacionales

Real Decreto 1025/2015, de 13 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Real Decreto 510/1996, de 15 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 2207/1994, de 16 de noviembre, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo.

IX. ANEXO 5 - LISTADOS

IX.1. LISTADO DE FIGURAS

Figura I.1. Cubertería con varios tipos de cucharas, cuchillos y tenedores.....	9
Figura I.2. Evolución de la cuchara	10
Figura I.3. Evolución del tenedor.....	11
Figura I.4. Evolución del cuchillo.....	11
Figura I.5. Ejemplos de tipos de cuchara.....	12
Figura I.6. Ejemplo de tipos de tenedores.....	13
Figura I.7. Ejemplo de tipos de cuchillos	13
Figura I.8. Cubiertos de acero inoxidable de una sola pieza.....	14
Figura I.9. Cubiertos de madera de una sola pieza.....	14
Figura I.10. Cubiertos con mango de madera.....	15
Figura I.11. Cubiertos de PS de un solo uso.	15
Figura I.12. Cubiertos de PP de una sola pieza.	16
Figura I.13. Cubiertos con mango de plástico	16
Figura I.14. Cubertería de oro y plata.....	17
Figura I.15. Protocolo de colocación de cubiertos.....	17
Figura I.16. Resultados del reciclaje.....	18
Figura I.17. Códigos de clasificación de resina plásticas.....	19
Figura I.18. Código alternativo de reciclaje del PET	19
Figura I.19. Contaminación, resultado por la falta de reciclaje y reutilización.....	20
Figura I.20. Reutilización de una botella de PET que implica reducción en la fabricación de macetas	21
Figura I.21. Indicador de aptitud de un material para están en contacto con alimentos	22
Figura I.22. Símbolo de material reciclable.....	22
Figura I.23. Informe de que la empresa proveedora cumple con la legislación de gestión de residuos	22
Figura I.24. Importancia de tirar el producto al contenedor adecuado.....	23
Figura I.25. Contaminación provocada por cubiertos de un solo uso.	24
Figura III.1. Proceso de inyección.	30
Figura III.2. A) Croquis del mango. B) Croquis del mando después de realizar la simetría de entidades	35
Figura III.3. A) Croquis del cabezal del tenedor. B) Croquis del cabezal del tenedor después de realizar la simetría de entidades	36
Figura III.4. A) Croquis de la proyección del tenedor completo. B) Extrusión del croquis	37
Figura III.5. A) Croquis del perfil del tenedor. B) Resultado final del tenedor.	38
Figura III.6. A) Croquis de medio cabezal de la cuchara. B) Croquis de la cabeza completa de la cuchara.	39
Figura III.7. A) Perfil del cabezal de la cuchara. B) Perfil completo de la cuchara.	40
Figura III.8. A) Croquis para realizar las superficies. B) Recubrimiento de superficie en el croquis.....	41
Figura III.9. A) Corte proyectado sobre las superficies. B) Resultado final de la cuchara.....	41
Figura III.10. A) Croquis de la forma del cuchillo. B) Dimensiones del cuchillo.....	42
Figura III.11. A) Croquis del corte para e filo. B) Hoja con filo.	42
Figura III.12. A) Croquis de un diente. B) Hoja de sierra sin estrías	43
Figura III.13. A) Croquis de una estría. B) Hoja de sierra con estrías.....	43
Figura III.14. Resultado final del cuchillo.....	44

Figura III.15. Juego de cubiertos diseñados	44
Figura III.16. Datos del material introducidos en la biblioteca de materiales de SolidWorks.	45
Figura III.17. Fijaciones, fuerzas aplicadas y mallado del tenedor	45
Figura III.18. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza a las púas. B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza a las púas	46
Figura III.19. Fijaciones, fuerzas y mallado de la cuchara	47
Figura III.20. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza sobre la superficie del cabezal. B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza sobre la superficie del cabezal.....	48
Figura III.21. Fuerzas, fijaciones y mallado del cuchillo.....	48
Figura III.22. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 10 N verticalmente respecto a la hoja. B) Resultados de deformaciones aplicando 10 N verticalmente respecto a la hoja.....	49
Figura III.23. Perfil rediseñado del tenedor.....	50
Figura III.24. A) Resultados de tensiones por el criterio de Von Mises aplicando 5 N de fuerza a las púas. B) Resultados de deformaciones aplicando 5 N de fuerza a las púas	51
Figura III.25. Distribución de las piezas en el molde con los puntos de inyección situados.	52
Figura III.26. Canales del molde.....	52
Figura III.27. Tiempo de llenado.....	53
Figura III.28. Fracción de cavidad sin llenar.....	54
Figura III.29. Contracción.....	54
Figura III.30. Rechupes.....	55
Figura III.31. Atrapamientos de aire.....	55
Figura III.32. Líneas de soldadura.....	56

IX.2. LISTADO DE TABLAS

Tabla III.1. Comparación de los diferentes tipos de PE.....	32
Tabla III.2. Comparación de los diferentes tipos de PP	33
Tabla III.3. Tabla de comparación entre el PP y PE seleccionados.....	33
Tabla III.4. Datos iniciales del estudio económico.	57
Tabla III.5. Cantidad de producción.	57
Tabla III.6. Tiempo de operario en el postprocesado.	57
Tabla III.7. Costes de producción.	57
Tabla III.8. Beneficios del primer lote.	58