



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Aplicaciones de la impresión 3D en los procesos artísticos y artesanales

TRABAJO FINAL DEL

Máster U. en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador

REALIZADO POR

José González Fernández

TUTORIZADO POR

Santiago Ferrándiz Bou

FECHA: Valencia, septiembre, 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis compañeros de master

A mi familia y especialmente a mis abuelos

RESUMEN

Trabajo aplicado, en formato de memoria técnica explicativa de un proyecto integral de naturaleza profesional en el ámbito de la especialidad del máster, con el objetivo de fabricar una matriz de estampación de arcilla para la elaboración en serie de piezas cerámicas, reinventando el proceso tradicional aplicado hasta la fecha, mediante la utilización de nuevas tecnologías de software CAD y prototipado por impresión 3D.

Palabras clave: Matriz de estampación, Cerámica, CAD, Impresión 3D, Prototipado, Fundición.

ABSTRACT

A technical report in the field of the specialty of the master's degree. A entire Project in a professional nature that encompasses: the manufacturing of a clay stamping matrix for the making of ceramic pieces in series, reinventing the traditional processes, using new CAD software technologies and prototyping through 3D printing.

Keywords: stamping matrix, pottery, CAD, 3D printing, prototyping, casting.

ÍNDICE

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN	4
ABSTRACT	6
ÍNDICE.....	8
TABLA DE ILUSTRACIONES	10
1. OBJETIVO	12
2. INTRODUCCIÓN	13
2.1 Antecedentes al prensado rotativo.....	13
2.2 Proceso	15
2.3 Impresión 3D	18
2.4 Procesos de fundición	24
2.5 Fundición en arena	26
3. METODOLOGÍA.....	29
4. DISEÑO DEL MODELO 3D	30
5. IMPRESIÓN DEL MODELO 3D	36
5.1 Exportación de archivos STL.....	36
5.2 Selección de la impresora y material	37
5.3 Configuración de la impresión 3D	40
6. REALIZACIÓN DEL MOLDE DE ARENA DEL MODELO 3D.....	42
7. FUNDICIÓN	52
8. ESTUDIO COMPARATIVO	54
9. PRESUPUESTO	56
10. CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXO A: Planos.....	59
ANEXO B: Características de la impresora 3D.....	64

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Objetos cerámicos	13
Ilustración 2. Torno alfarero.....	13
Ilustración 3. Prensa rotativa	15
Ilustración 4. Matrices inferior y superior.....	15
Ilustración 5. Extracción por succión.....	16
Ilustración 6. Extracción por empuje.....	16
Ilustración 7.Extracción por apertura.....	16
Ilustración 8. Colocación de la pasta	16
Ilustración 9. Estampación	16
Ilustración 10. Separación de matrices, pieza conformada	17
Ilustración 11. Extracción de la pieza	17
Ilustración 12. Pieza terminada.....	17
Ilustración 13. Impresión 3D	18
Ilustración 14. Tecnologías de fabricación 3D.....	19
Ilustración 15. Deposición filamento.....	20
Ilustración 16. Esquema impresora FDM	20
Ilustración 17. Impresoras 3D comerciales	21
Ilustración 18. Volumen de impresión	21
Ilustración 19. Impresión 3D antes y después del postprocesamiento	22
Ilustración 20. Ejemplos de impresiones 3D	23
Ilustración 21. Fundición	24
Ilustración 22. Ejemplo de piezas fundidas	24
Ilustración 23. Resumen de procesos de fundición, pg286 Kalpakjian	25
Ilustración 24. Características generales de los costos de los procesos de fundición, pg387 Kalpakjian	25
Ilustración 25. Descripción de los pasos de producción en una operación característica de fundición en arena, pg 289 Kalpakjian	26
Ilustración 26. Esquema de un molde de arena mostrando diferentes características, pg 290 Kalpakjian	27
Ilustración 27. Workflow	29
Ilustración 28. Bol - base modelo.....	30
Ilustración 29. Croquis a mano del conjunto matriz	30
Ilustración 30. Croquis sección bol.....	31
Ilustración 31. Bol.....	31
Ilustración 32. Croquis sección matriz.....	32
Ilustración 33. Creación del solido matriz	32
Ilustración 34. Vaciado de la matriz	33
Ilustración 35. División de solidos	33
Ilustración 36. Unión de solidos	34
Ilustración 37. Modelo 3D del extractor	34

Ilustración 38. Modelo 3D de la matriz superior.....	35
Ilustración 39. Modelo 3D de la matriz inferior	35
Ilustración 40. Sección 3D del conjunto matriz.....	35
Ilustración 41. Exportación STL matriz superior.....	36
Ilustración 42. STL matriz inferior	37
Ilustración 43. STL extractor	37
Ilustración 44. Zortrax M200.....	37
Ilustración 45. Lijado PLA	38
Ilustración 46. Material ABS	39
Ilustración 47. Warping and Cracking	39
Ilustración 48. Pieza impresa en HIPS	39
Ilustración 49. Interfaz Z-suite.....	40
Ilustración 50. Configuración impresión matriz inferior	40
Ilustración 51. Configuración impresión matriz superior.....	40
Ilustración 52. Configuración impresión extractor.....	40
Ilustración 53. Impresiones 3D.....	41
Ilustración 54. Lingotes de hierro.....	52
Ilustración 55. Horno de fusión.....	52
Ilustración 56. Colada en el molde	52
Ilustración 57. Moldes enfriando	52
Ilustración 58. Moldes abiertos.....	53
Ilustración 59. Piezas fundidas sin arena	53
Ilustración 60. Fundición matriz inferior A.....	53
Ilustración 61. Fundición matriz superior A	53
Ilustración 62. Fundición matriz inferior B.....	53
Ilustración 63. Fundición matriz superior B	53
Ilustración 64. Comparación del modelo impreso 3D y el fundido de ambas matrices	54
Ilustración 65. Curva de enfriamiento para la solidificación de metales puros.....	54
Ilustración 66. Medida de la matriz inferior.....	55
Ilustración 67. Medida de la matriz superior	55

1. OBJETIVO

El siguiente trabajo fin de máster, se centrará en el abaratamiento de la obtención de matrices de prensado para el proceso de prensado rotativo utilizado para la elaboración de recipientes de revolución cerámicos (Cuencos, vasijas, jarrones...), para ello se propone la realización de un modelo previo mediante técnicas de impresión 3D para su posterior fundición a la arena.

La motivación del desarrollo de este trabajo está centrada en dar una ayuda al sector cerámico, un sector que ha ido perdiendo cuota de mercado en los últimos años y necesita reinventarse para ofrecer un producto de mayor calidad y menor coste.

Tradicionalmente la fabricación de las matrices de prensado es realizada mediante un proceso de mecanizado manual, donde la complejidad de la matriz y sus dimensiones encarecían el coste de fabricación de estas.

Gracias a los nuevos procesos de fabricación aditiva que han aparecido en los últimos años, y especialmente al abaratamiento de dichas tecnologías, se podrían obtener matrices de prensado a un menor coste, con unas calidades superficiales aceptables, de diferentes tamaños y con geometrías más complejas. Que posteriormente se fundirían en material definitivo.

2. INTRODUCCIÓN

A continuación, se hará una introducción a los diferentes elementos del proceso de prensado rotativo, una explicación general del proceso, además de una descripción de los procesos que se utilizarán para la fabricación de la matriz.

2.1 Antecedentes al prensado rotativo

El prensado rotativo es utilizado para fabricar piezas cerámicas de revolución cuya base sea de menor diámetro que la parte superior y no presenten resaltes horizontales. Piezas que se pueden fabricar:



Ilustración 1. Objetos cerámicos

Este proceso nació de la necesidad de servir al mercado una mayor cantidad de piezas cerámicas, a menor coste de producción, en los talleres de cerámica tradicional, que hasta el momento habían estado produciendo mediante torno alfarero, lo cual implicaba un proceso muy artesanal, de escasa rentabilidad y difícil repetitividad entre piezas.



Ilustración 2. Torno alfarero

Estas fueron las principales ventajas que se obtuvieron con el cambio del proceso artesano al de prensado rotativo:

- Productos idénticos
- Redondeos suaves y precisos
- Espesores constantes
- Muy buenos acabados superficiales
- Menor coste/pieza
- Mayor capacidad de producción

Pese a las ventajas, en la actualidad y debido al auge del plástico a finales del siglo XX, la producción de cerámica ha visto disminuida su cuota de mercado, y muchas empresas se han visto obligadas a cerrar, provocando que únicamente existan unas pocas empresas en este sector. En consecuencia, ha desaparecido casi por completo unos profesionales cualificados que se encargaban de la realización de matrices necesarias para el proceso.

Sin embargo, en los últimos años y debido al florecimiento de una ética y estética basada en la naturaleza y el respeto al medioambiente, la sociedad vuelve a solicitar este tipo de productos tradicionales, más respetuosos, duraderos y de fácil eliminación.

Por ello este TFM se centra en la investigación aplicada, para revitalizar un sector tradicional que vuelve a estar en auge, pero admite el uso de nuevas tecnologías.

2.2 Proceso

Para el proceso son necesarios dos elementos: una prensa rotativa y las matrices que darán forma a la pieza.

La prensa rotativa es en realidad una prensa hidráulica que lleva incorporado un cabezal rotativo en su parte superior, este gira mientras la prensa ejerce el movimiento vertical de prensado, a cada uno de los extremos de la prensa van adheridas las matrices que son las encargadas de conferirle la forma a un trozo de arcilla colocado entre ellas.



Ilustración 3. Prensa rotativa

Las matrices son las encargadas de conferir la forma deseada a la arcilla. Ambas encajan entre sí, y dejan entre ellas el hueco interno que es la pieza.

En el proceso convencional se utilizan dos matrices:

- Superior (derecha): moldea el interior de la pieza de arcilla.
- Inferior (izquierda): moldea el exterior de la pieza de arcilla.



Ilustración 4. Matrices inferior y superior

Adicionalmente, la prensa va provista de un extractor, que se encarga de desalojar la pieza acabada del interior de la matriz. Existen varias formas de extraer la pieza terminada:

- brazo de succión
- empuje mediante un elemento mecánico alojado en la base de la matriz
- apertura de la matriz



Ilustración 5. Extracción por succión



Ilustración 6. Extracción por empuje

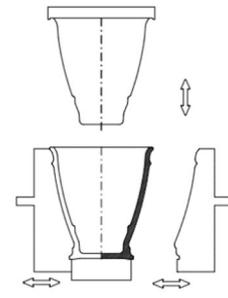


Ilustración 7. Extracción por apertura

El proceso comienza con las dos matrices separadas la una de la otra, un operario introduce la pasta de arcilla en el interior de la matriz inferior, a continuación las matrices empiezan a girar mientras que la prensa encaja ambas matrices, dejando en su interior el espacio a ser rellenado por la pasta que conformará la pieza final y expulsando el exceso de pasta, pasados unos segundos, las matrices se separan, quedando la pieza terminada alojada en el interior de la matriz inferior, por último se extrae la pieza antes de repetir el ciclo.



Ilustración 8. Colocación de la pasta



Ilustración 9. Estampación



Ilustración 10. Separación de matrices, pieza conformada



Ilustración 11. Extracción de la pieza



Ilustración 12. Pieza terminada

2.3 Impresión 3D

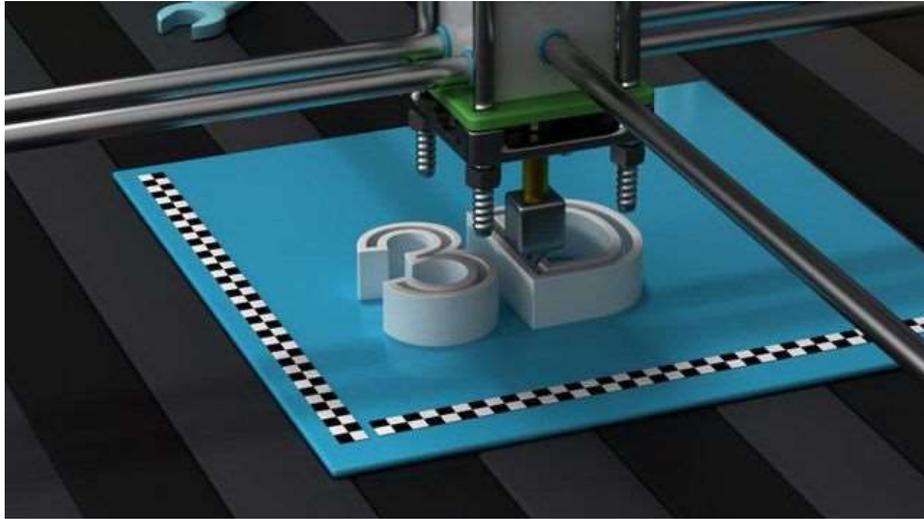


Ilustración 13. Impresión 3D

La impresión 3D es la fabricación de piezas tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de material, actualmente existen cantidad de tecnologías que se pueden clasificar según el aporte de material en:

- Lecho en polvo: aplicación de una fuente térmica sobre una fina capa de material en polvo, que funde capa a capa y con la forma deseada hasta obtener el objeto.
- Lecho líquido: también conocido como estereolitografía, se basa en emplear un láser ultravioleta que incide sobre una resina líquida fotosensible contenida en un tanque, esta solidifica en capas por acción de la luz ultravioleta.
- Inyección: los objetos se construyen mediante la deposición selectiva de capas de material fundido, utilizando termoplásticos en forma de filamento.
- Adición de láminas: se basa en la superposición de láminas de papel o cartón que se van cortando y pegando hasta obtener la pieza 3D.

Dentro de estas clasificaciones podemos encontrar diferentes variantes que dependen de pequeños cambios en el proceso o del material empleado.

Tecnologías de fabricación 3D

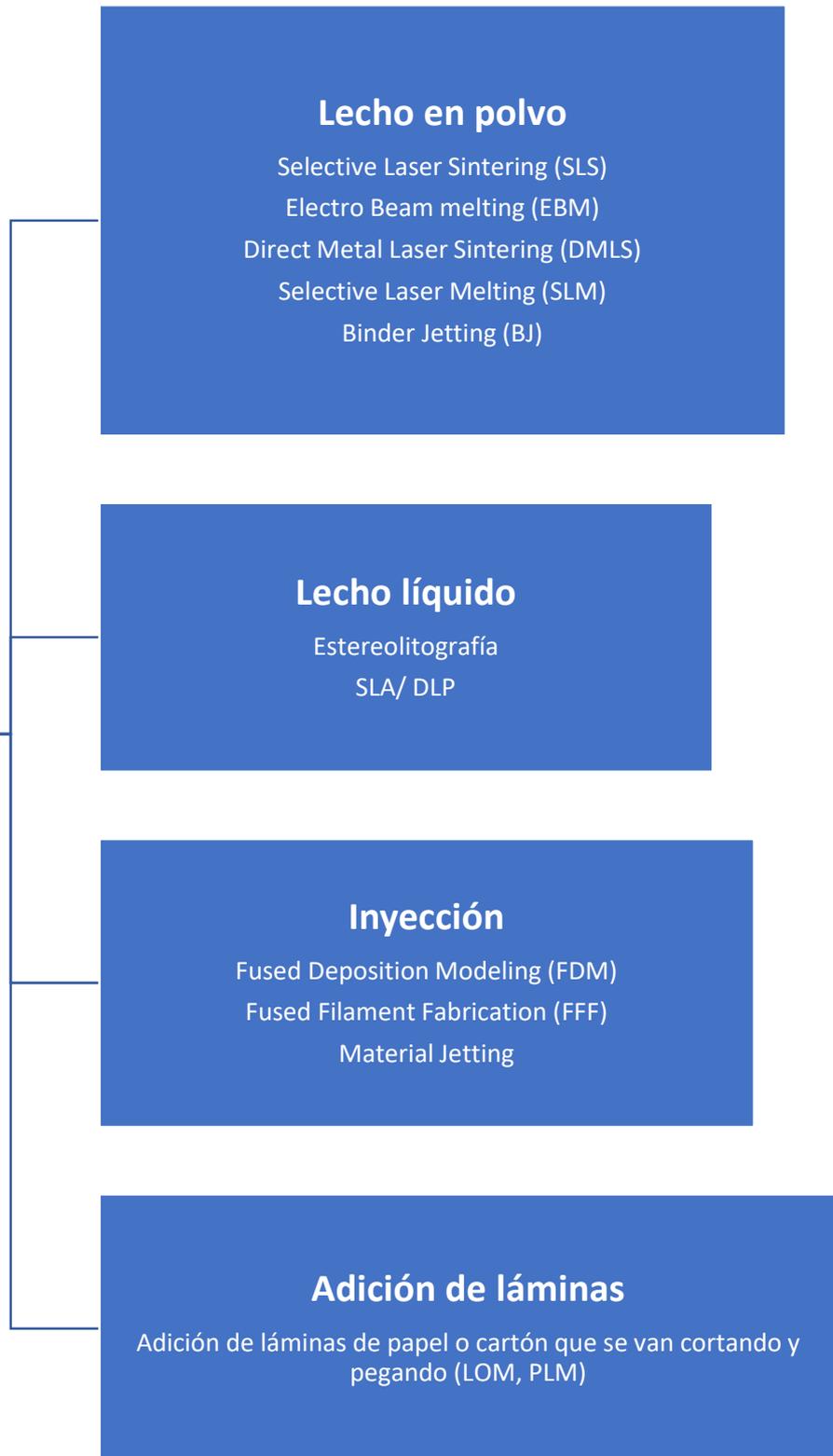


Ilustración 14. Tecnologías de fabricación 3D

Para este TFM vamos a centrarnos en el uso de la tecnología FDM, es un proceso de fabricación aditiva que pertenece a la categoría de inyección. En FDM, el objeto es construido depositando selectivamente material termoplástico fundido capa a capa.

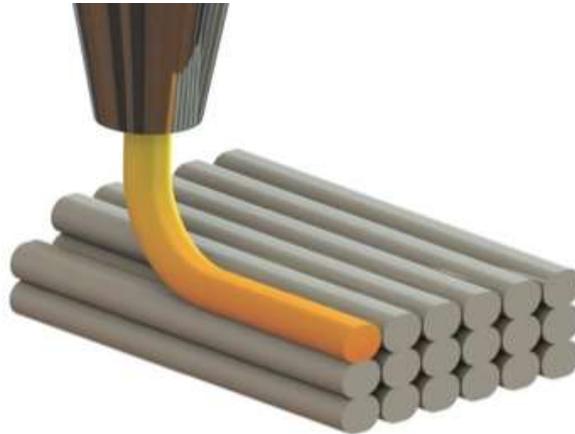


Ilustración 15. Deposición filamento

Es la tecnología más utilizada y conocida a nivel global, además los alumnos de la Universidad Politécnica de Valencia contamos con la ventaja de disponer de un servicio gratuito para desarrollo de trabajos de asignaturas, TFG y TFM. Este servicio está situado en la segunda planta de la escuela de ingeniería del diseño (ETSID).

Una máquina FDM consiste en un cabezal móvil en las tres direcciones del espacio, que deposita el plástico fundido sobre una ubicación determinada, el material se calienta por encima de su temperatura de fusión, solidificando al entrar este en contacto con el aire. Cuando se dibuja una capa, la capa se separa del cabezal en un grosor de capa para que la impresora pueda comenzar con la siguiente capa.

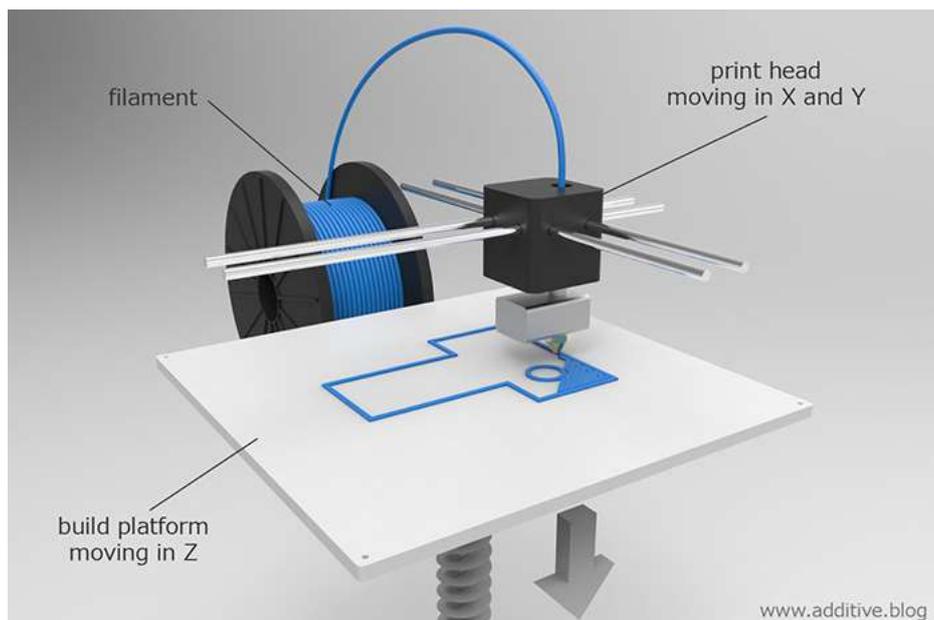


Ilustración 16. Esquema impresora FDM

Características:

Fused Deposition Modeling (FDM)	
Materiales	Termoplásticos(PLA, ABS, PETG, PC, PEI, HIPS, etc.)
Precisión dimensional	±0.5% (límite inferior ±0.5 mm) - escritorio ±0.15% (límite inferior ± 0.2 mm) - industrial
Tamaño típico de construcción	200 x 200 x 200 mm - sobremesa 1000 x 1000 x 1000 mm - industrial
Espesor de capa	50 to 400 micras
Soportes	No siempre requeridos

La impresión por FDM ha sido sin duda la que más se ha desarrollado en los últimos años, debido principalmente a su sencillez de construcción en comparación con otras tecnologías. Actualmente existen infinidad de empresas que se dedican al comercio de pequeñas impresoras, como: 3D Systems, AnyCubic, Anet, Geetech, Makerbot, Zortrax...



Ilustración 17. Impresoras 3D comerciales

La mayoría imprime en diferentes termoplásticos (PLA, ABS, Nylon, HIPS), con calidades similares, y tienen un volumen estándar de impresión de 200x200x200mm.



Ilustración 18. Volumen de impresión

En FDM algunas geometrías requieren estructura de soporte para generar voladizos, debido a que el material no se puede depositar en el aire.

Por desgracia las superficies impresas con soporte suelen presentar peores acabados, por ello se recomienda diseñar las piezas minimizando la necesidad de soporte.

Después de la impresión se suele postprocesar la pieza, la primera etapa sería la eliminación de los soportes generados, lo que empeora la calidad superficial. Para la mejora de la calidad superficial existen principalmente cuatro métodos:

- Baño con vapor de acetona
- Lijado
- Relleno con resina epoxy
- Pulido

Las piezas impresas también se pueden pegar utilizando acetona, adhesivo para termoplásticos o incluso el propio material de impresión.

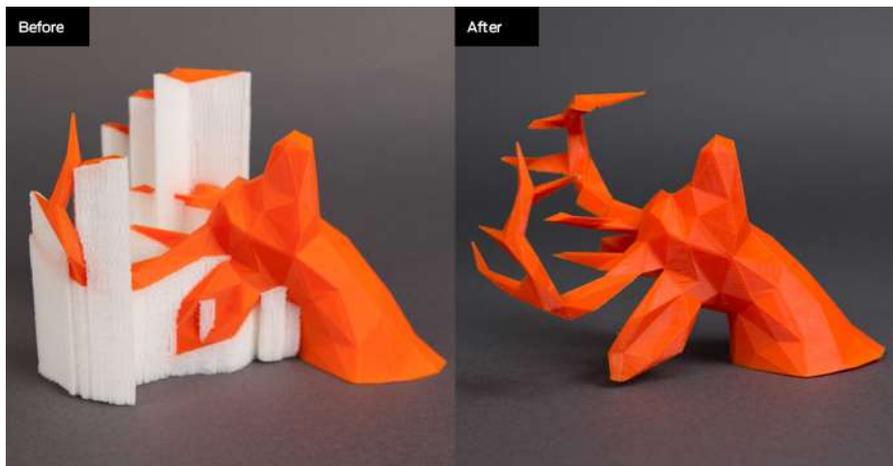


Ilustración 19. Impresión 3D antes y después del postprocesamiento

A continuación, se enumeran los pros y limitaciones de esta tecnología:

PROS

- Bajo coste/pieza
- Amplia gama de materiales
- Alta disponibilidad
- Cortos plazos de entrega

Limitaciones

- Poca precisión dimensional
- Baja resolución
- Capas visibles
- Propiedades no isotrópicas
- Requiere postprocesado

Principalmente son utilizadas para impresión de elementos decorativos, conceptuales, prototipado, juguetes e incluso elementos sometidos a leves cargas mecánicas siempre que los materiales lo permitan.



Ilustración 20. Ejemplos de impresiones 3D

Se ha tomado la decisión de utilizar la tecnología FDM de escritorio para el desarrollo del TFM debido a los siguientes factores: fácil acceso, coste bajo y un suficiente volumen de impresión. Y aunque la calidad superficial y la poca precisión dimensional puedan ser factores limitantes, se ha considerado que para el objeto del trabajo no es necesaria una exactitud y calidades excelentes, ya que la fabricación de elementos cerámicos no está sujeta a elevados estándares de precisión.

2.4 Procesos de fundición

El proceso de fundición se basa en vaciar metal fundido dentro de un molde con la forma del objeto deseado, se deja solidificar y posteriormente se retira la parte del molde quedando expuesta la pieza.



Ilustración 21. Fundición

Una gran variedad de componentes es producida mediante fundición, como bloques-motor, componentes automovilísticos, cigüeñales, trenes de potencia, engranajes, equipo de ferrocarril, sartenes, cañones de armas, obras esculturales y grandes componentes de turbinas hidráulicas.



Ilustración 22. Ejemplo de piezas fundidas

Los procesos de fundición se pueden categorizar principalmente en tres:

- **Moldes desechables:** están formados por la unión de un material refractario (arena, yeso, cerámica) y aglutinantes. Al estar compuestos de materiales refractarios son capaces de soportar las altas temperaturas de los metales fundidos. Cuando el metal solidifica, el molde se rompe para retirar la pieza.
- **Moldes permanentes:** se fabrican con metales capaces de mantener su resistencia a elevadas temperaturas, como su propio nombre indica están pensados para usarse en más de una ocasión, por ello se diseñan para que la extracción de la pieza fundida sea sencilla.
- **Moldes compósitos:** son la combinación de dos o más materiales (como arena, grafito y metales) combinando las ventajas de cada uno. Suelen tener parte permanente y desechable. Se utilizan principalmente para mejorar la resistencia del molde a la vez que controlar las velocidades de enfriamiento, optimizando el coste de los procesos de fundición.

La siguiente imagen muestra un resumen de las ventajas y limitaciones de los procesos de fundición que más se utilizan:

Resumen de procesos de fundición		
Proceso	Ventajas	Limitaciones
En arena	Casi cualquier metal fundido; sin límite en el tamaño, forma o peso de la parte; bajo costo del herramental.	Se requiere algún acabado; acabado superficial relativamente grueso; tolerancias amplias.
Molde en cáscara	Buena precisión dimensional y acabado superficial; alta capacidad de producción.	Tamaño limitado de la pieza; modelos y equipos costosos.
Modelo evaporativo	La mayoría de los metales fundidos, sin límite de tamaño; partes de formas complejas.	Los modelos tienen baja resistencia y pueden ser costosos para pequeñas cantidades.
Molde de yeso	Partes de formas intrincadas; buena tolerancia dimensional y acabado superficial; baja porosidad.	Limitado a metales no ferrosos; límite al tamaño de la parte y al volumen de producción; tiempo relativamente largo para fabricar el molde.
Molde cerámico	Partes de formas intrincadas; partes con tolerancias cerradas; buen acabado superficial.	Tamaño limitado de la parte.
Por revestimiento	Partes de formas intrincadas; excelente acabado superficial y precisión; casi cualquier metal fundido.	Partes de tamaño limitado; modelos, moldes y mano de obra costosos.
Molde permanente	Buen acabado superficial y tolerancia dimensional; baja porosidad; alta capacidad de producción.	Alto costo del molde; partes de tamaño y complejidad limitados; no es adecuado para metales con alto punto de fusión.
A presión en matriz	Excelente precisión dimensional y acabado superficial; alta capacidad de producción.	Alto costo de la matriz; partes de tamaño limitado; generalmente limitado a metales no ferrosos; largo tiempo de entrega.
Centrífuga	Grandes partes cilíndricas o tubulares con buena calidad; alta capacidad de producción.	Equipo costoso; partes de forma limitada.

Ilustración 23. Resumen de procesos de fundición, pg286 Kalpakjian

En el aspecto económico el coste de cada pieza fundida depende principalmente de tres factores: coste del molde, equipo, mano de obra. En la siguiente tabla se muestra la dependencia a estos factores por cada tipo de fundición en función de la capacidad de producción (piezas/hora).

Características generales de los costos de los procesos de fundición				
Proceso de fundición	Costo*			Capacidad de producción (piezas/hora)
	Matriz	Equipo	Mano de obra	
En arena	B	B	B-M	<20
Molde en cáscara	B-M	M-A	B-M	<50
Yeso	B-M	M	M-A	<10
Por revestimiento	M-A	B-M	A	<1000
En molde permanente	M	M	B-M	<60
A presión en matriz	A	A	B-M	<200
Centrífuga	M	A	B-M	<50

*B = bajo; M = medio; A = alto.

Ilustración 24. Características generales de los costos de los procesos de fundición, pg387 Kalpakjian

Se observa que algunos procesos requieren de costosos moldes y maquinaria, en cuanto otros de una mayor mano de obra. Cada uno de los factores acabara afectando al coste de la operación de fundición.

Obviamente el coste global de cada fundición disminuirá conforme aumenta el número de partes fundidas deseadas. Permitiendo a los procesos con las altas tasas de producción justificar el alto coste del molde o maquinaria.

Para el caso del TFM, como solo se desea producir dos partes fundidas, el proceso más conveniente a utilizar es fundición en arena, ya que requiere un bajo coste de operación y está destinado para una capacidad de producción baja.

En contraposición se sabe que con la fundición en arena se obtienen peores acabados superficiales y tolerancias amplias, esto se solventará con el post-procesado de la parte fundida.

2.5 Fundición en arena

La fundición en arena se basa en:

1. Hacer una impresión en arena colocando un modelo de la pieza deseada.
2. Realizar sobre el molde unas aberturas que sirvan para alimentar de metal fundido.
3. Retirar el modelo del molde, rellenando con metal fundido la cavidad que deja en su lugar.
4. Dejar que el metal enfríe y solidifique.
5. Romper el molde de arena y extraer la fundición.

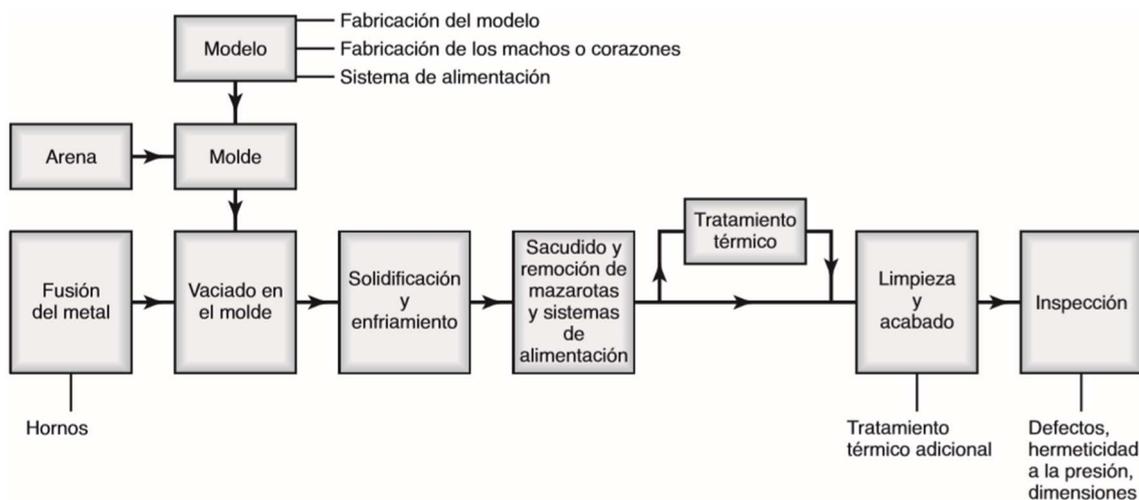


Ilustración 25. Descripción de los pasos de producción en una operación característica de fundición en arena, pg 289 Kalpakjian

La arena utilizada como material del molde es, en la mayoría de los casos, de sílice (SiO_2). Debido a que posee un elevado punto de fusión y es barata. Principalmente hay dos tipos de arena, la aglutinada naturalmente (banco de arena) y la sintética (arena de lago). Esta última es la más utilizada ya que permite controlar su composición con mayor facilidad. Hay que tener en cuenta una serie de factores a la hora de seleccionar la arena. La arena con granos finos y redondos se compacta mejor, en consecuencia, el molde tiene superficie más lisa mejorando su resistencia y acabado final de la fundición, pero reduce su permeabilidad (penetración a través de los poros) impidiendo en mayor medida que los gases y vapor generados durante la fundición escapen del molde, lo que puede incurrir en defectos superficiales en la pieza.

A continuación, se muestran las diferentes partes que conforman un molde de arena:

- Caja: es lo que soporta el molde. En moldes partidos está formada por dos partes, superior e inferior, la unión entre partes es lo que se conoce como línea de partición. Cuando el molde posee más de dos partes a las partes adicionales se las llama centros.
- Copa de vaciado o basín: apertura por donde se vierte el metal fundido.
- Bebedero: camino por donde fluye hacia abajo el metal fundido.
- Canales de alimentación: se encargan de guiar el metal fundido desde el bebedero hasta la cavidad del molde. Siendo las compuertas las entradas.
- Mazarotas: sirven como acumuladores que suministran metal fundido conforme se contrae la fundición durante la solidificación. Las hay ciegas y abiertas.
- Machos o corazones: Insertos de arena u otro material, que colocados en el interior del molde sirven para generar regiones huecas en la fundición. También son utilizadas para generar letras en relieve o cavidades externas sobre la superficie de la pieza.
- Respiraderos o vientos: colocados en los moldes estratégicamente para favorecer la extracción de los gases y vapores producidos por el metal fundido, dejando escapar el aire conforme el metal fundido recorre el interior del molde.

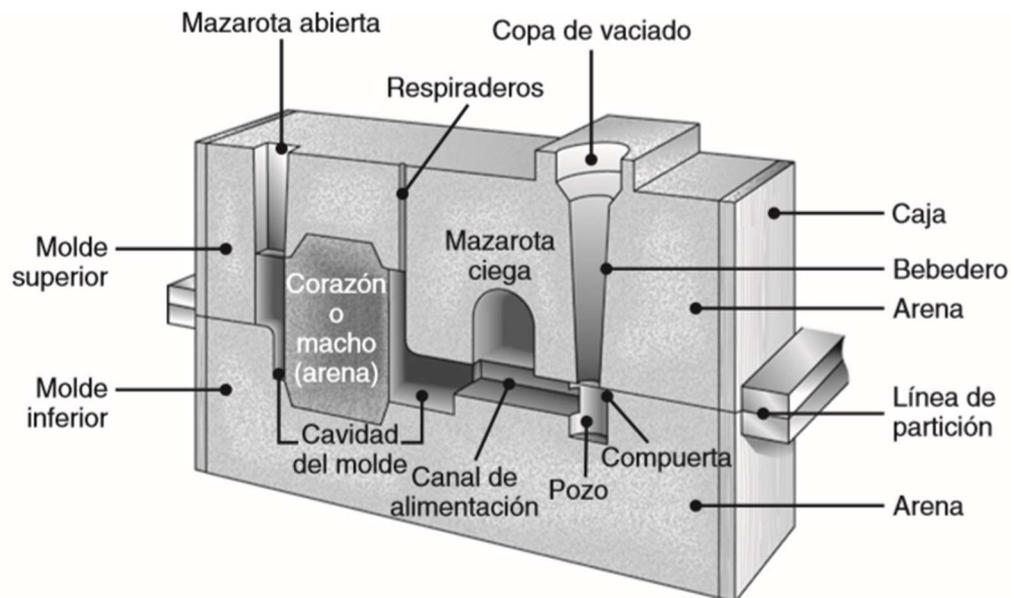


Ilustración 26. Esquema de un molde de arena mostrando diferentes características, pg 290 Kalpakjian

Los modelos sirven para dar forma a la fundición y se pueden hacer de diferentes materiales, madera, plástico o metal. La selección del material depende en mayor medida del número de veces que se reutilizará el modelo y por tanto, de la resistencia y durabilidad del material. Y por lo general son recubiertos de un agente separador, que permite extraer la fundición del molde con mayor facilidad.

Existen principalmente tres tipos de modelos, que se utilizan en función de las aplicaciones y requerimientos económicos deseados:

- Modelos de una sola pieza (suelos o solidos): se utilizan para formas simples y producciones bajas, se fabrican principalmente de madera y son los más económicos.
- Modelos divididos: como su nombre indica el modelo está dividido en dos piezas, cada una formara una parte de la cavidad de la fundición. Pueden producir fundiciones con formas más complejas.
- Modelos de placas bipartidos: el modelo está dividido en dos, y cada parte está fijada a los lados opuestos de una placa. Son utilizados para grandes lotes de producción de fundiciones pequeñas.

En este proyecto se desarrollará el diseño de un modelo de una sola pieza de las partes que componen la matriz.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se define el procedimiento que se va a seguir mediante un workflow

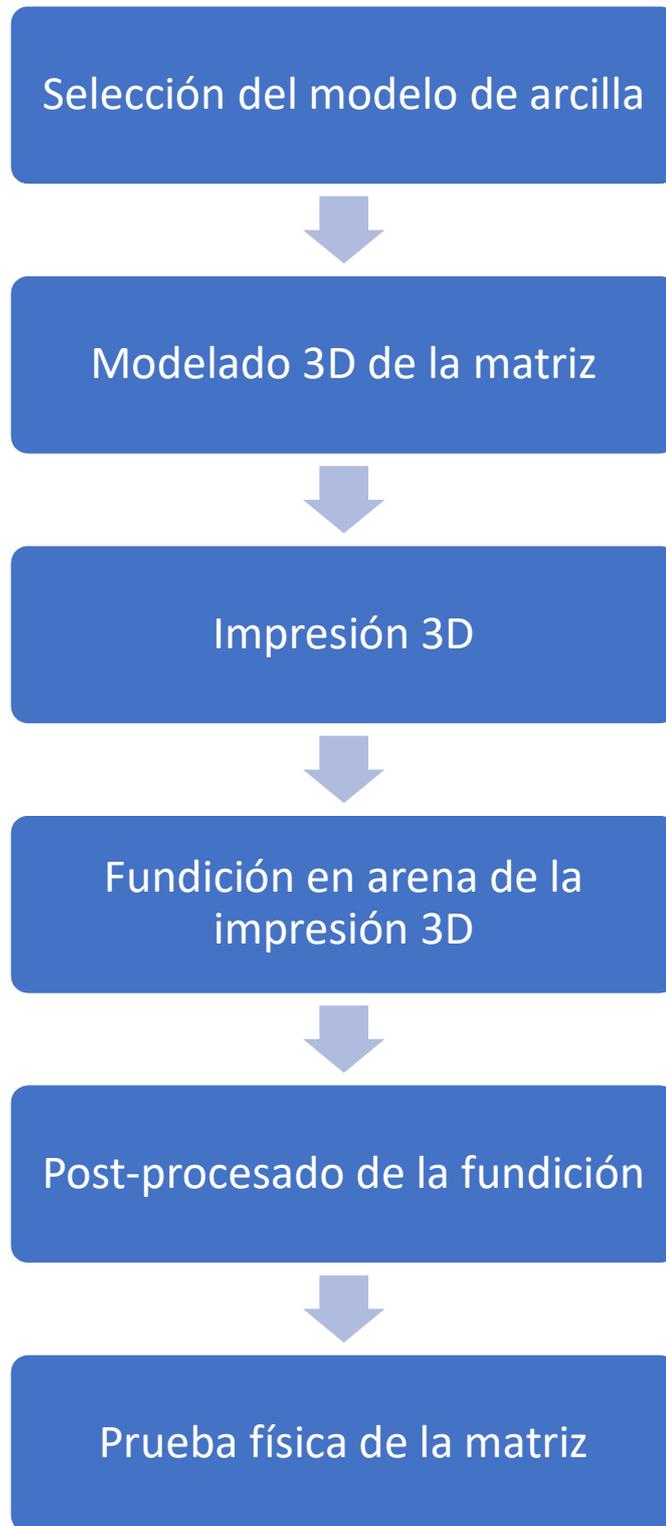


Ilustración 27. Workflow

4. DISEÑO DEL MODELO 3D

Para el diseño de la matriz, primeramente, se ha estudiado las partes que la componen, estas son principalmente tres, la matriz superior, la inferior y el extractor. A continuación, hay que seleccionar un modelo cerámico que queramos replicar. Para ello se seleccionará en función de su simplicidad y tamaño. El modelo escogido ha sido un bol de pequeño formato como el que podemos apreciar en la siguiente imagen, se decidió utilizar este modelo para así no complicar en demasía el proceso y que sirviera como referencia para futuros casos.



Ilustración 28. Bol - base modelo

Para la creación del modelo 3D se partió de un croquis 2D, se trata de una sección donde aparecen en diferentes colores las partes que compondrían la matriz, y del cual se han extraído las medidas necesarias para el modelado.

- Bol (Verde)
- Matriz superior (Naranja)
- Matriz inferior (Amarillo)
- Extractor (Morado)

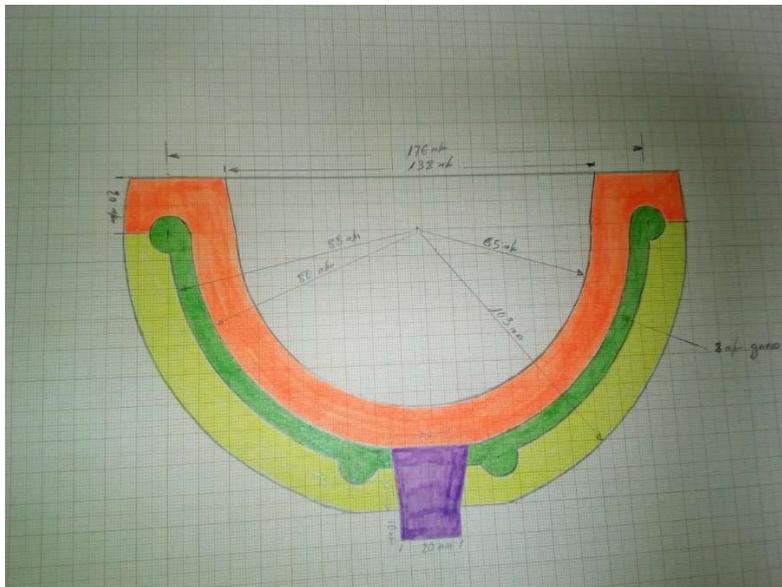


Ilustración 29. Croquis a mano del conjunto matriz

El software utilizado para el modelado 3D es el Siemens NX, a continuación, se detalla brevemente el procedimiento seguido.

Creación de un croquis (croquis1) sobre un plano con la sección del bol del plano 2D.

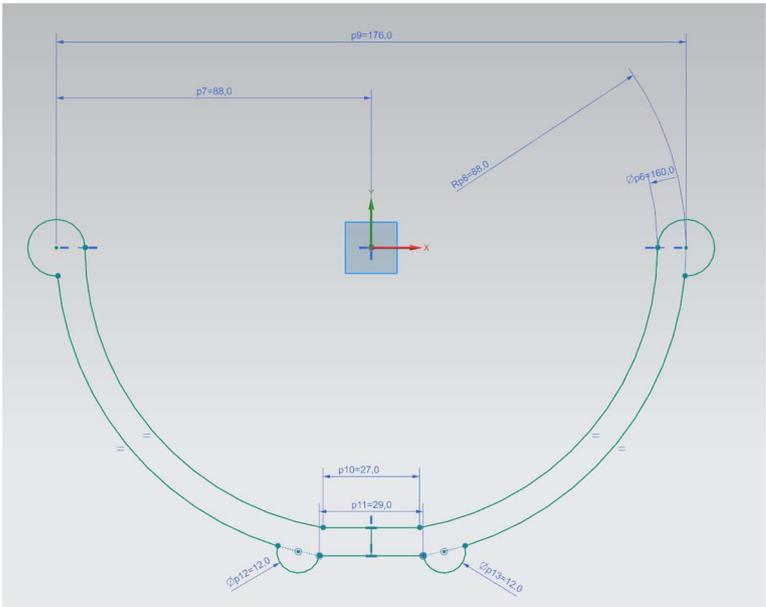


Ilustración 30. Croquis sección bol

Mediante una operación de revolución del croquis1 se obtiene un cuerpo solido (solido1) con la forma del bol.

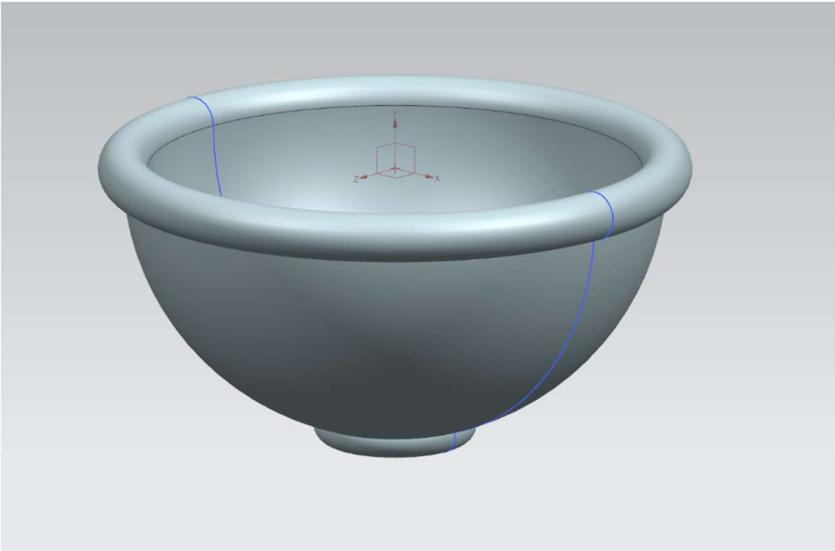


Ilustración 31. Bol

Se crea un croquis de sección del cuerpo de la matriz (croquis2).

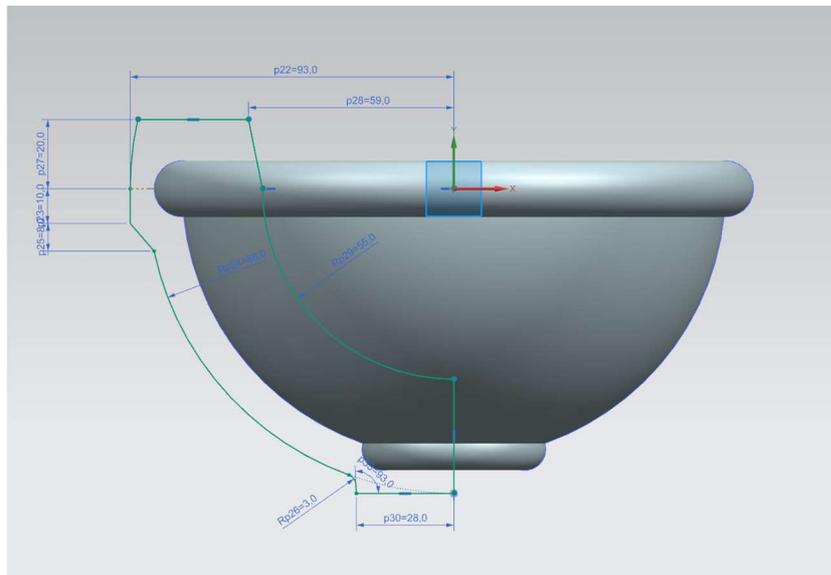


Ilustración 32. Croquis sección matriz

Con el croquis2 se realiza una operación de revolución creando un segundo cuerpo solido (Solido2).

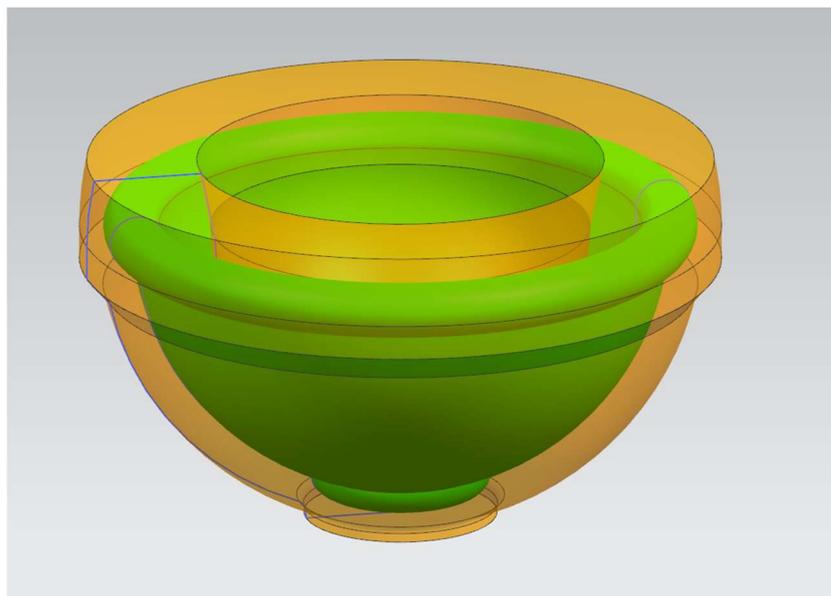


Ilustración 33. Creación del solido matriz

Mediante una operación booleana de “sustracción” se genera dentro del solido2 una cavidad con la forma del bol.

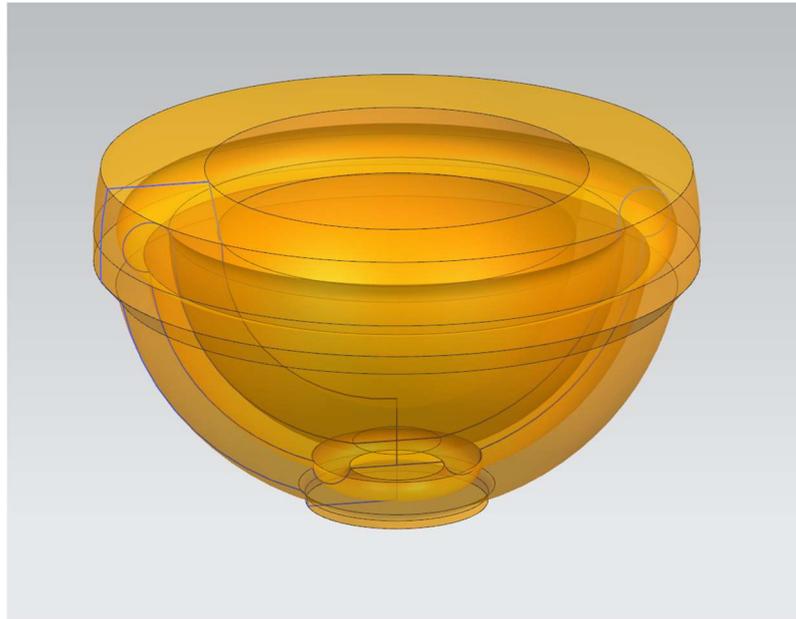


Ilustración 34. Vaciado de la matriz

Dividimos el solido2 mediante una operación de dividir el cuerpo a partir de un plano, generándose 3 solidos independientes.

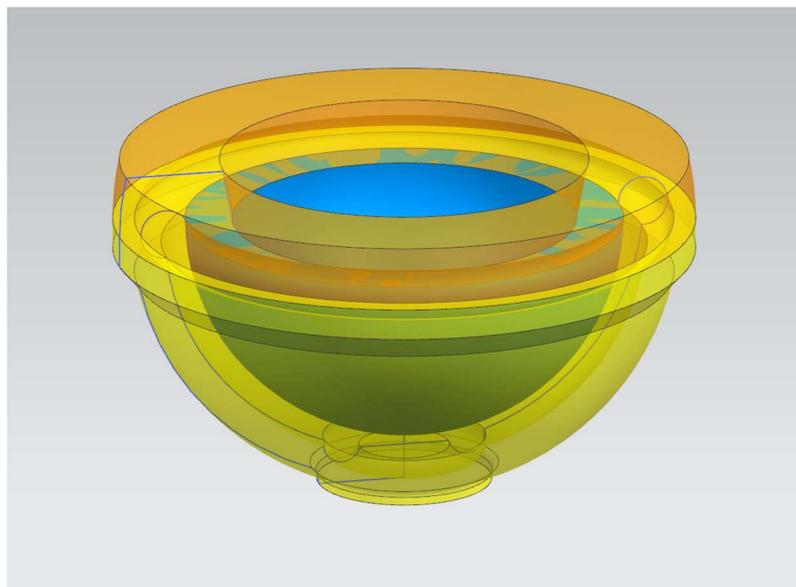


Ilustración 35. División de solidos

Dos de los sólidos antes creados forman parte de la misma matriz y por tanto se unen con una operación booleana de “Unión”. Quedando dos sólidos, uno de los cuales ya sería definitivo y correspondería con la matriz superior.

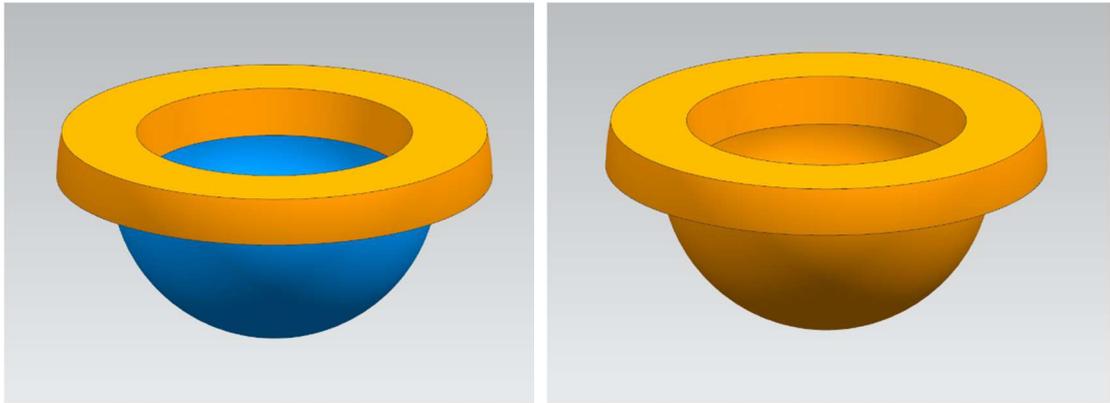


Ilustración 36. Unión de sólidos

Queda por crear el extractor que facilitará la expulsión de la pieza, junto con el alojamiento de este. Al igual que el resto de los sólidos, se crea a partir de una operación de revolución y mediante una operación booleana de “sustracción” se genera el alojamiento en la matriz inferior.

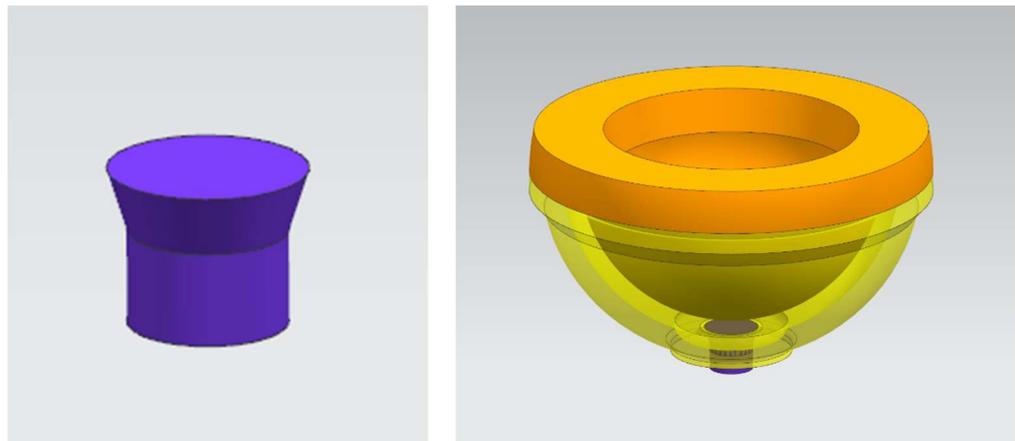


Ilustración 37. Modelo 3D del extractor

Finalmente, estos son los modelos 3D que conformarían la matriz.

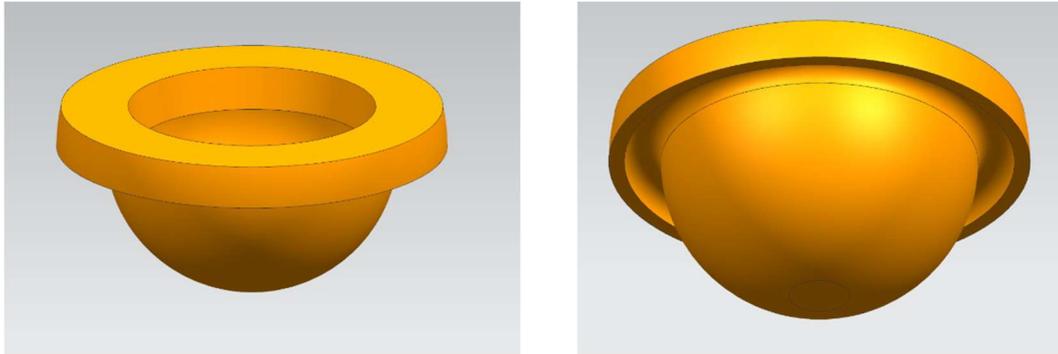


Ilustración 38. Modelo 3D de la matriz superior

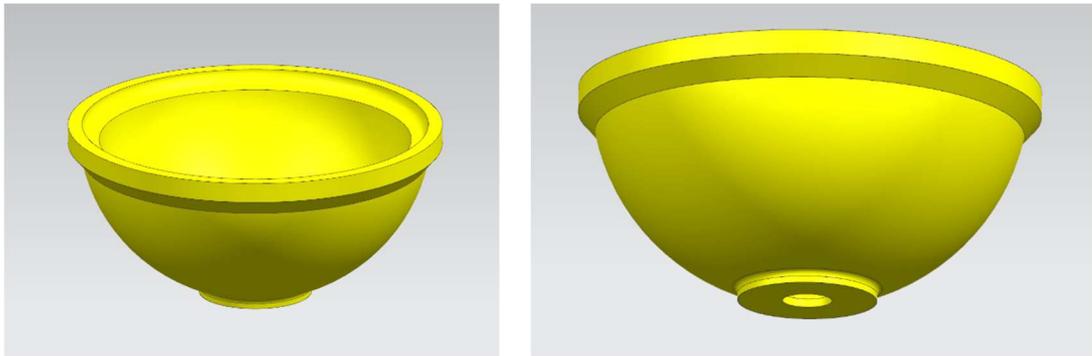


Ilustración 39. Modelo 3D de la matriz inferior

En la siguiente imagen podemos apreciar los 3 componentes y el alojamiento interno de la matriz gracias a una sección del modelo.

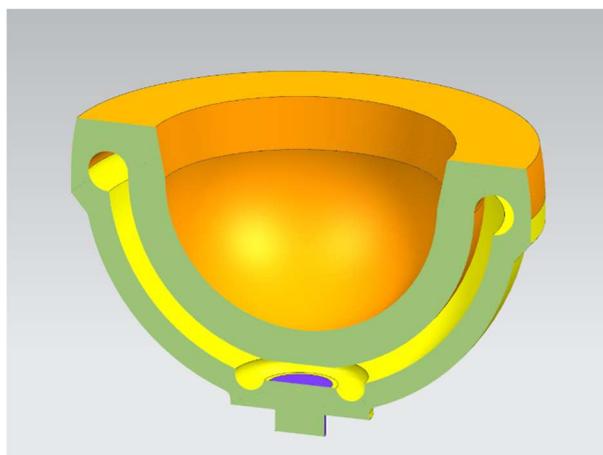


Ilustración 40. Sección 3D del conjunto matriz

“Se han creado planos de fabricación de cada una de las piezas, se adjuntan en el ANEXO A”

5. IMPRESIÓN DEL MODELO 3D

Una vez obtenidos los modelos digitales que conformarían la matriz, el siguiente paso es su conversión a un formato físico mediante la impresión 3D de escritorio. A continuación, se expone el procedimiento llevado a cabo.

Primeramente, se exportan los archivos CAD generados a un formato legible (estereolitografía o STL) por cualquier software de impresión 3D, estos softwares son conocidos como Slicers o loncheadores, ya que se encargan de dividir el sólido en capas o lonchas, indicando la trayectoria que debe seguir el cabezal de impresión y generando el código máquina o comúnmente conocido como código G, que finalmente ejecutará la impresora 3D.

5.1 Exportación de archivos STL

STL es la abreviación de estereolitografía, es un formato que contiene información geométrica en forma de malla, la cual está compuesta por triángulos que se unen por sus vértices asemejando la forma del objeto. Se ha convertido en el formato estándar para máquinas de prototipado rápido.

La exportación de los archivos STL se realiza con el propio software de modelado 3D, mediante la opción exportar.

Al momento de exportar el software nos da la posibilidad de elegir la tolerancia cordal y la angular, estos factores afectan directamente a la adaptabilidad de la malla STL sobre el modelo, disminuyendo el tamaño de elementos conforme la tolerancia es menor y viceversa. Obteniendo una mejor definición del objeto, sobre todo en modelos cilíndricos o curvos, cuanto menor tamaño de elemento tenemos. Ya que los modelos curvos necesitan de un mayor número para definir el sólido.

Para conseguir una mejor definición en la impresión 3D, el número de elementos tiene que ser elevado, para así adaptarse mejor a la curvatura de los modelos. Por ello se han seleccionado los siguientes valores.

Tolerancia cordal	0.0050
Tolerancia angular	8.0000

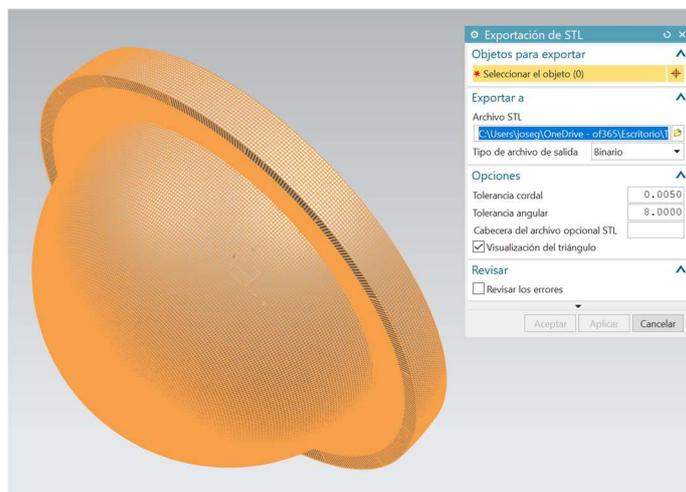


Ilustración 41. Exportación STL matriz superior



Ilustración 42. STL matriz inferior



Ilustración 43. STL extractor

Una vez los archivos son convertidos a formato STL, se procede a seleccionar la impresora 3D y material a utilizar.

5.2 Selección de la impresora y material

La impresora que se va a utilizar es el modelo MX200 de la marca Zortrax, es una impresora de escritorio de uso fácil, pensada para impresiones que entren en un volumen de 200x200x180mm. Sus características técnicas se adjuntan en el ANEXO B.



Ilustración 44. Zortrax M200

La máquina dispone de un gran rango de filamentos de plástico a utilizar, cada uno con unas características de impresión y propiedades mecánicas diferentes, a continuación, se hará una breve descripción de algunos de los más utilizados.

Poliácido láctico - PLA

Material biodegradable a partir de caña de azúcar, cuya poca contracción permite imprimir modelos grandes sin deformaciones.

Acrilonitrilo butadieno estireno - ABS

Material ampliamente utilizado para prototipado y fabricación económica. Posee una superficie mate que permite un fácil postprocesado, tanto mecánico como químico. No es conveniente para grandes impresiones debido a su alta contracción, ocasionando que la pieza se despegue de la base (warping y cracking).

Poliestireno de alto impacto - HIPS

Se utiliza para piezas y modelos que requiere una superficie lisa fácil de postprocesar. Su dureza le permite emplearse en prototipos mecánicos y pruebas de rendimiento. Su calidad es comparable con los objetos de producción en masa.

Para la selección del material se ha considerado la facilidad de impresión, postprocesado y disponibilidad por parte de la universidad.

Pese a su facilidad de impresión, se ha descartado el PLA debido a que se trata de un material difícil de lijar con el que es complicado obtener un buen acabado superficial, lo que implica un mayor tiempo de postprocesado.



Ilustración 45. Lijado PLA

El ABS sin embargo si se puede lijar con mucha facilidad y además se puede someter la pieza a un tratamiento de vapor de acetona confiriéndole un acabado suave. El único inconveniente es su dificultad de impresión, debido a que sufre de warping y cracking, que es una deformación de la pieza durante la impresión, ocasionada por la contracción del material durante su enfriamiento. Este

problema aparece principalmente en piezas grandes donde el tiempo de impresión es muy elevado. Por esta razón, también se descarta este material.



Ilustración 46. Material ABS

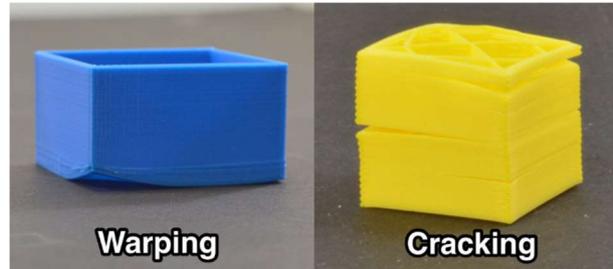


Ilustración 47. Warping and Cracking

El HIPS es un material más interesante, ya que se imprime y se postprocesa bastante bien y con el que se obtienen unas excelentes calidades superficiales. Por ello se ha posicionado como la mejor opción a utilizar.



Ilustración 48. Pieza impresa en HIPS

5.3 Configuración de la impresión 3D

El software de impresión utilizado es el Z-suite, oficial de la marca Zortrax. Se busca conseguir la mejor impresión posible por ello, los parámetros se han configurado para lograr dicho objetivo.

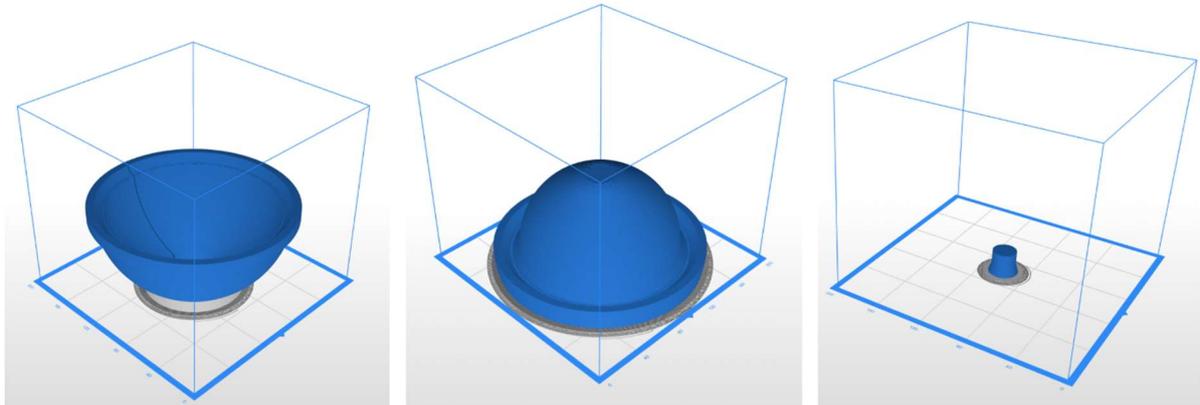


Ilustración 49. Interfaz Z-suite

Parámetros que configurar:

- **Altura de capa (layer):** cuanto menor es la altura de capa, mejor es la calidad final de la pieza, pero mayor es el tiempo de impresión, en este caso nos interesa más una mejor calidad que un menor tiempo de impresión, por lo tanto, se ha seleccionado la menor altura de capa posible, 0.09mm.
- **Densidad de relleno (infill):** Al ser piezas grandes y que no van a someterse a ningún esfuerzo, se ha optado por ahorrar material y tiempo seleccionando un porcentaje de relleno del 10%, excepto en el extractor, que al ser más pequeño el ahorro de material era poco significativo y se ha configurado en un 30%.
- **Soportes (support):** el software se ha configurado para agregar soportes a las partes que tengan un voladizo con una inclinación inferior al 30%.

Finalmente, el tiempo estimado y el gasto de material ha sido en cada caso de:

REPORT [?]

Estimated print time: **1d 9h 45m**
Material usage: **68.45m (169g)**

Printer: **Zortrax M200**
Profile: **Last settings**
Support type: **Automatic**
Support: **30°**
Material: **Z-HIPS**
Nozzle diameter: **0.4 mm**
Layer: **0.09 mm**
Quality: **High**
Infill: **10%**

Ilustración 50. Configuración impresión matriz inferior

REPORT [?]

Estimated print time: **1d 14h 37m**
Material usage: **86.81m (215g)**

Printer: **Zortrax M200**
Profile: **Last settings**
Support type: **Automatic**
Support: **30°**
Material: **Z-HIPS**
Nozzle diameter: **0.4 mm**
Layer: **0.09 mm**
Quality: **High**
Infill: **10%**

Ilustración 51. Configuración impresión matriz superior

REPORT [?]

Estimated print time: **0h 46m**
Material usage: **2.00m (5g)**

Printer: **Zortrax M200**
Profile: **Last settings**
Support type: **Automatic**
Support: **30°**
Material: **Z-HIPS**
Nozzle diameter: **0.4 mm**
Layer: **0.09 mm**
Quality: **High**
Infill: **30%**

Ilustración 52. Configuración impresión extractor

Este es el resultado una vez retirado el material de soporte, los modelos presentan un muy buen acabado superficial.



Ilustración 53. Impresiones 3D

6. REALIZACIÓN DEL MOLDE DE ARENA DEL MODELO 3D

Tras la obtención de los modelos impresos, ya se puede proceder con la realización del molde de arena. Para ello se ha contactado con una empresa que se dedica a la realización de dichos moldes. De nombre "Fundyco" y situada en el polígono de Cabecicos Blancos (Librilla-Murcia).

A continuación, se muestra el procedimiento que se ha llevado en la realización de los moldes de arena, se va a explicar en paralelo la obtención de los moldes de arena de ambos modelos, dividiendo en dos columnas cada uno, siendo la de la izquierda la correspondiente a la matriz inferior (modelo gris), y la de la derecha a la exterior (modelo blanco).

El orden de elaboración en ambos casos será: primero el molde superior, por donde se realizará la colada, después el molde inferior.

Modelos base para la creación de los moldes



Colocación del modelo dentro de la caja que contendrá el molde superior



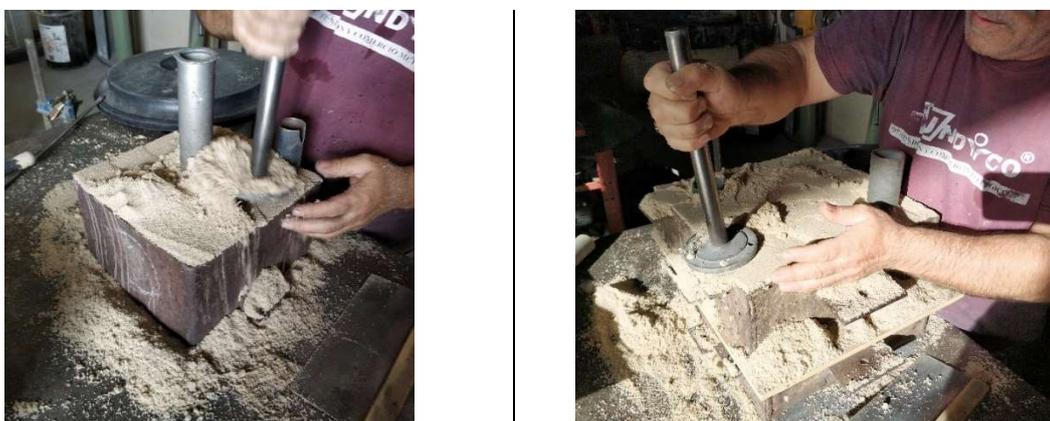
Colocación de tubos que harán de bebederos



Llenado de la cavidad de la caja con arena de sílice impregnada de aglutinante



Prensado de la arena



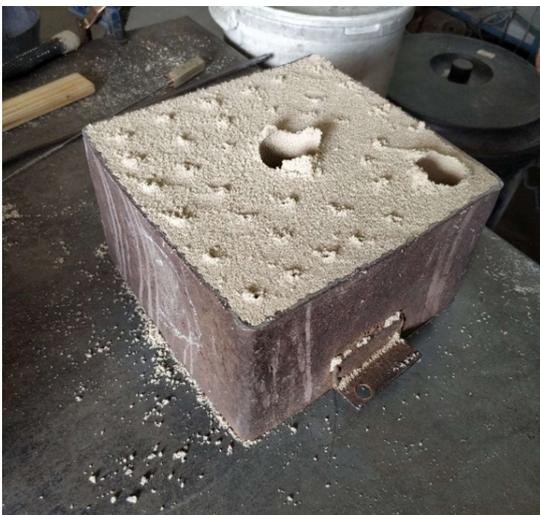
Alisamiento de la superficie



Se retiran los tubos metalicos que permitieron realizar el bebedero



Perforaciones previas a la infiltración de CO₂, que serviran para distribuir el gas por todo el molde



Infiltración de gas CO₂ que al contacto con el aglutinante que lleva la arena, produce que la arena se endurezca, quedando un molde solido.



Alisado final de la superficie



Volteo del molde



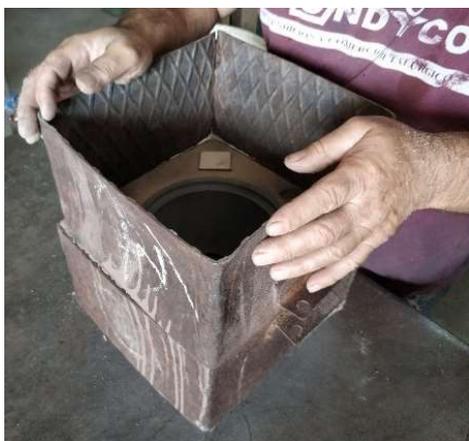
Se realizan unos vaciados en el molde, que permitirán la generación de un machinbrado a la hora de realizar el molde inferior



Impregnación de la superficie con polvo de grafito para evitar la adherencia de la arena al modelo.



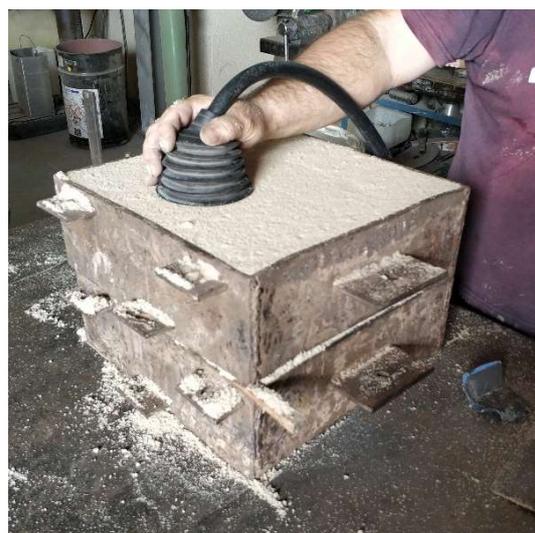
Colocación de la caja que contendrá el molde inferior y de tapaderas para que no se cuele arena por los bebederos.



Rellenado y prensado de la arena



Realización de perforaciones e infiltrado de CO₂



Al separar las cajas ha surgido un inconveniente en ambos casos, parte de la arena del molde inferior no se ha desprendido y se ha quedado adherida al modelo, posiblemente debido a una falta de exposición de CO₂, para solucionar el inconveniente y evitar repetir el proceso se corrigió de la siguiente manera.

Exposición del trozo de arena a CO₂ para garantizar su endurecimiento



Encolado de la superficie desprendida



Colocación del trozo desprendido en su lugar.



Como se puede apreciar en sendas imágenes el error se ha subsanado y resulta casi inapreciable, también apreciamos los montículos del machimbrado que ayudará a encajar los moldes entre sí



A continuación se prosigue a explicar la terminación del molde superior.

Se separa con suma delicadeza el modelo del molde, dando golpecitos con un martillo.



Por suerte en este lado ningún trozo de arena se a quedado adherido al modelo.

Se realizan los canales de alimentación con una espátula, estos conectan los bebederos con el espacio dejado por el modelo.



Moldes semi-acabados



Por ultimo, se les da una capa de una pintura especial que sirve para mejorar la calidad superficial del molde, mejorando así la la calidad superficial de la fundición.



Combustión de pintura para eliminar el exceso.



Curación del molde mediante soplete, este paso ayudará a que el molde soporte mejor las altas temperaturas de la fundición.



Moldes terminados



Tras el tiempo dedicado a la elaboración de los moldes, el resultado es satisfactorio, y estos quedan listos para proceder con la colada.

7. FUNDICIÓN

El proceso de fundición ha sido gestionado por la empresa “Fundyco”, utilizando fundición gris como material de colada. La fundición gris está compuesta por hierro y un porcentaje en carbono alrededor del 2%, este carbono se encuentra como grafito, confiriendo el color gris característico a las superficies de ruptura de las piezas.

De forma resumida los pasos seguidos durante la fundición fueron:

Se parte de una materia prima compuesta de lingotes y chatarra, se introduce en un horno de fusión donde el material alcanza los 1500°C, se funde y surge el caldo.



Ilustración 54. Lingotes de hierro



Ilustración 55. Horno de fusión

Se llena la cuchara, se realiza la colada en el molde y se espera a que enfríe



Ilustración 56. Colada en el molde



Ilustración 57. Moldes enfriando

Apertura de los moldes y limpieza de la arena



Ilustración 58. Moldes abiertos



Ilustración 59. Piezas fundidas sin arena

Eliminación de bebederos y mazarotas, obtención de la pieza final y se comprueba que las piezas no presentan defectos



Ilustración 60. Fundición matriz inferior A



Ilustración 61. Fundición matriz superior A



Ilustración 62. Fundición matriz inferior B



Ilustración 63. Fundición matriz superior B

8. ESTUDIO COMPARATIVO

En esta parte vamos a estudiar la diferencia de medidas que se da en la pieza fundida con respecto a la impresa en 3D y el modelo digital. Para ello hay que entender que ocurre exactamente al material durante el proceso de fundición.



Ilustración 64. Comparación del modelo impreso 3D y el fundido de ambas matrices

Los metales tienen puntos de fusión y solidificación claramente definidos y esta última ocurre a una temperatura constante. Cuando la temperatura del metal fundido se reduce al punto de solidificación y permanece constante, se cede la energía del calor latente de solidificación. Al final, se completa la solidificación y el metal sólido continúa enfriándose a la temperatura ambiente.

Un diagrama de fases, también llamado diagrama de equilibrio o constitucional, muestra las relaciones entre la temperatura, la composición y las fases presentes en un sistema de aleación particular en condiciones de equilibrio. Equilibrio significa que un sistema permanece constante por un periodo indefinido. La palabra constitucional indica las relaciones entre la estructura, la composición y la integración física de la aleación.

En la siguiente ilustración, obsérvese que la solidificación ocurre a temperatura constante; durante este proceso se cede el calor latente de solidificación produciéndose un cambio de densidad durante el enfriamiento de los metales, o lo que comúnmente denominamos como “contracción”.

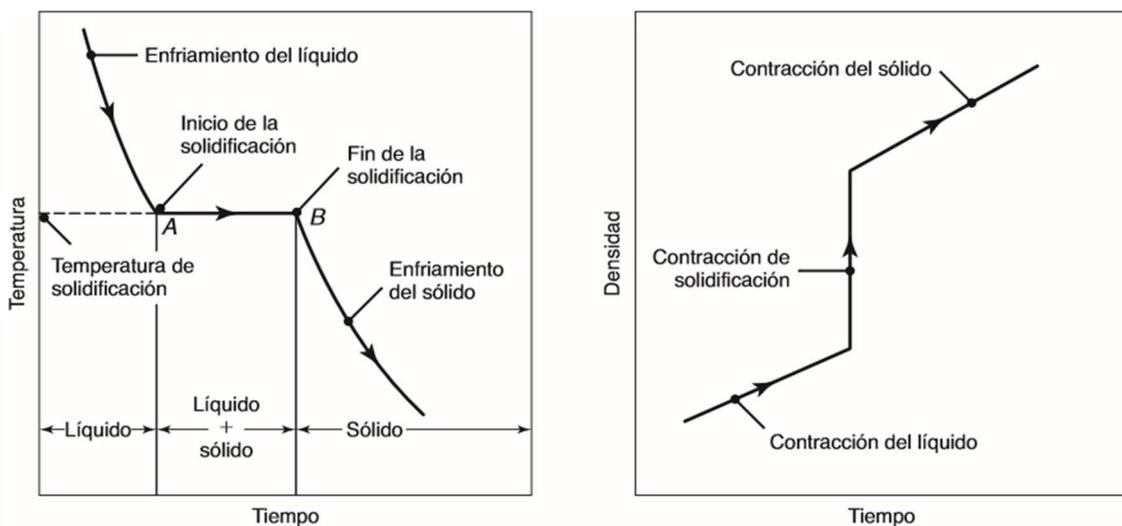


Ilustración 65. Curva de enfriamiento para la solidificación de metales puros

Para comprobar cómo ha afectado dicha contracción a las piezas fundidas, se ha tomado una muestra de medidas de cada una de las matrices, tanto en las de fundición como las impresas en 3D; lo que se pretende es obtener la media de dichas muestras y compáralas entre sí a fin de descubrir el porcentaje de contracción que se produce durante el proceso, de esta forma se podrá tener en cuenta para la obtención de modelos finales más precisos.

Las medidas tomadas fueron las que se ven en la siguiente figura, mediante calibre.

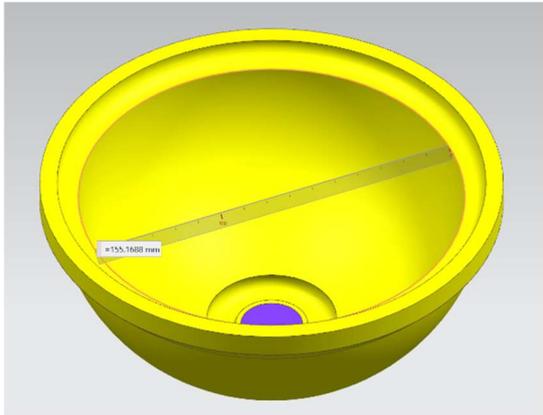


Ilustración 66. Medida de la matriz inferior

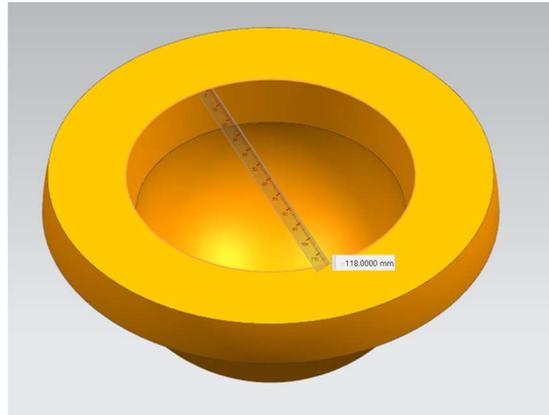


Ilustración 67. Medida de la matriz superior

Matriz inferior	
Impresión 3D	Fundición
154,70 mm	152,50 mm
154,90 mm	153,00 mm
155,05 mm	153,50 mm
154,70 mm	152,40 mm
154,60 mm	152,50 mm
154,50 mm	153,00 mm
155,00 mm	152,90 mm
155,20 mm	153,10 mm
154,70 mm	152,60 mm
155,00 mm	152,60 mm

Media de las medias	
154,835 mm	152,81 mm

Porcentaje de contracción	
1.3%	

Porcentaje de contracción de la fundición con respecto a la medida exacta	
Medida exacta = 155,1688 mm	
1.52%	

Matriz superior	
Impresión 3D	Fundición
117,20 mm	115,80 mm
117,60 mm	116,00 mm
117,80 mm	115,50 mm
118,10 mm	115,80 mm
117,60 mm	116,10 mm
117,40 mm	115,90 mm
117,30 mm	115,50 mm
117,70 mm	116,10 mm
117,60 mm	116,50 mm
117,80 mm	115,80 mm

Media de las medidas	
117,61 mm	115,90 mm

Porcentaje de contracción	
1.45%	

Porcentaje de contracción de la fundición con respecto a la medida exacta	
Medida exacta = 118 mm	
1.77%	

Una vez analizados los datos se concluye que la contracción del modelo fundido con respecto al impreso en 3D se sitúa en un rango entre el 1.3-1.45%.

El porcentaje de contracción de la fundición exacta solo sería significativo en el caso de que se pudiera garantizar que el proceso seguido fuera inalterable y se imprimiera siempre con la misma máquina 3D y en las mismas condiciones. El rango de contracción en este caso se situaría entre 1.55-1.77%.

9. PRESUPUESTO

Presupuesto			
Fecha presupuesto		11/09/2019	
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
Diseño de la matriz en 3D + Planos	3,00	30,00	90,00 €
Impresión 3D (matriz inferior, superior, extractor)	1,00		
Molde de arena	2,00	25,00	50,00 €
Fundición	2,00	25,00	50,00 €
Mecanizado (Repasado de las piezas)	1,00		
		SUB-TOTAL	190,00 €
		DESCUENTO	23,00 €
		IVA %	21%
		TOTAL PRESUPUESTADO	229,90 €

Despreciando el coste del mecanizado que no se ha podido realizar y de la impresión 3D ya que tiene coste cero gracias al servicio ofrecido por la universidad, observamos que el precio final por la obtención de las matrices fundidas sería de unos asequibles 229,90€.

Es difícil estimar cuanto sería el precio final si hubiéramos considerado dichos procesos, ya que dependen de lo que el proveedor quiera imputarnos, aun así pienso que el precio final estaría muy por debajo de lo que costaría realizar dichas matrices a partir de un proceso de mecanizado convencional.

10. CONCLUSIONES

Este ha sido un proyecto de aplicación puramente práctica, basado en conocimientos aplicados que tan poco se ven en las aulas, durante todo el proceso se ha podido apreciar la metamorfosis que sufre la materia hasta llegar a su forma final. Empezando por algo intangible como es la concepción de la idea, al diseño 3D, materializando la idea mediante los modernos procesos de impresión 3D hasta la transmutación de material ocurrida durante los procesos de fundición. Un trabajo enriquecedor, que me ha aportado una visión más amplia de los procesos de fabricación aplicados.

En cuanto al objetivo de fabricación de las matrices, no se ha podido llegar al punto de que estas fueran funcionales, ya que aun faltaría por post-procesar las mismas para su adaptación a la prensa rotativa, lo que supondría mecanizar estas superficialmente, suponiendo un gasto de recursos que no tengo la posibilidad de afrontar.

Sin embargo, se ha conseguido demostrar que es posible la elaboración de dichas matrices con procesos de fabricación más actuales como la impresión 3D, además de observar la buena sinergia que tienen estas modernas tecnologías con el clásico proceso de fundición, por todo ello creo que el resultado de aprendizaje de este proyecto ha sido sumamente satisfactorio.

BIBLIOGRAFÍA

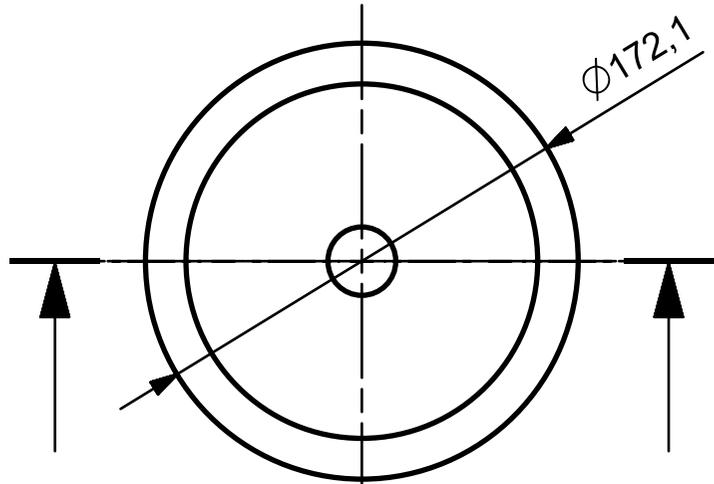
1. S. Kalpakjian • S. R. Schmid, 5ED, MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA.
2. “Maquinaria Hermanos Aguado” <http://www.hermanosaguado.com/>
3. <https://zortrax.com/>
4. <https://bisbalmec.com/es/moldes-de-roller-y-rotativa/>
5. <https://www.vsmmetaal.nl/machines/pressing-machines/potter-press/>
6. https://www.youtube.com/watch?v=KP_NtMzYRqw
7. <https://www.youtube.com/watch?v=CNkp3-sLbRo>
8. <https://www.youtube.com/watch?v=wde7oj6D8Z8>

ANEXO A: Planos

1 2 3 4 5 6

A

A



A

A

156

R78

R69,9

R8,1

89,4

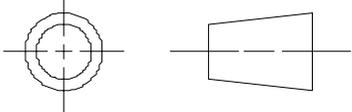
27

29

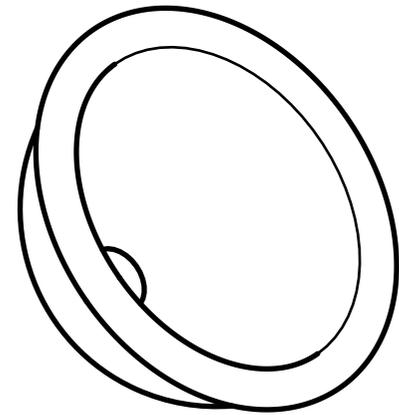
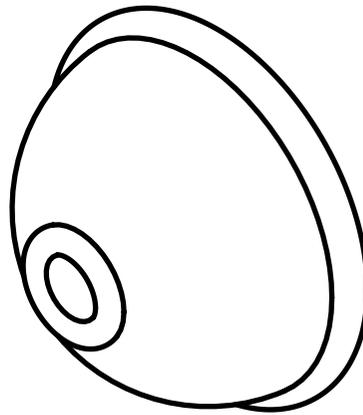
40,7

R6

SECTION A-A



ALL DIMENSIONS IN mm



B

B

C

C

D

D

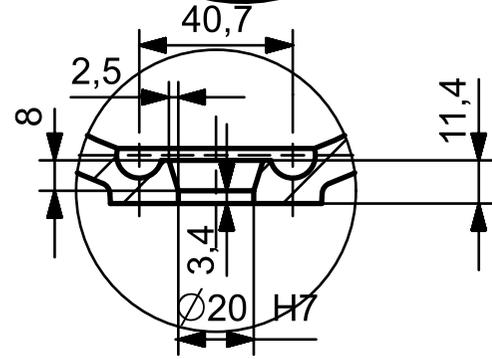
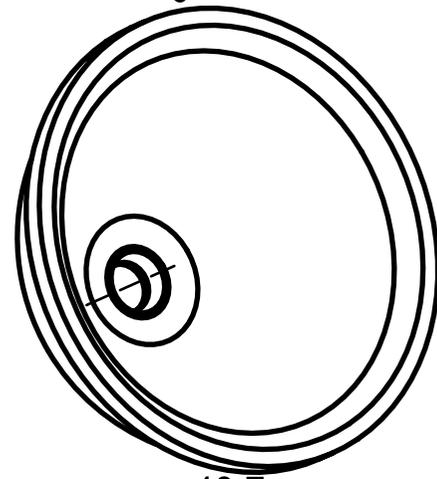
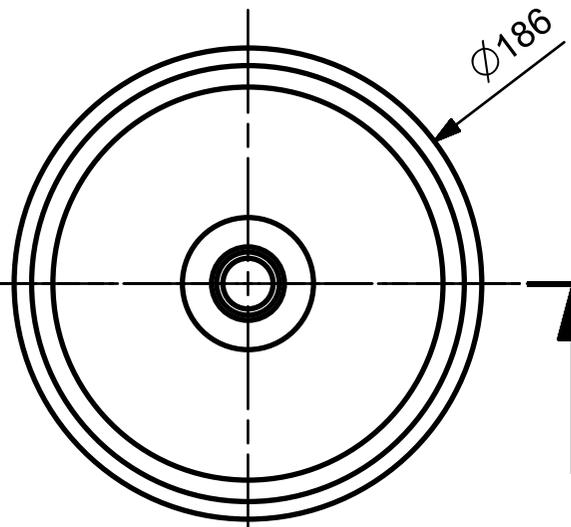
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

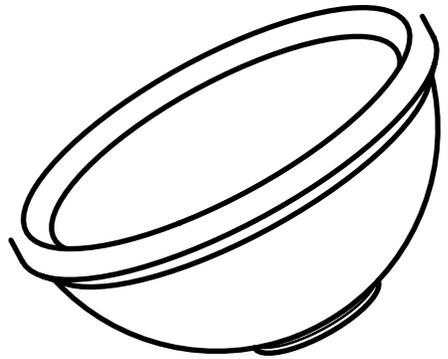
FIRST ISSUED	UPV	TITLE		
DRAWN BY	Jose			
CHECKED BY				
APPROVED BY				
		SIZE	DRG NO.	SHEET REV
		A4	BoI_dwg1	
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	

TITLE	
SIZE	DRG NO.
A4	BoI_dwg1
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

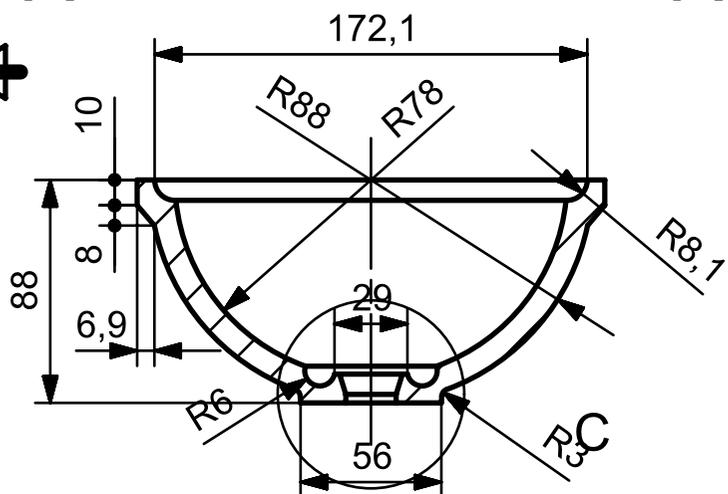
1 2 3 4 5 A4



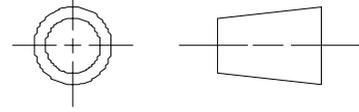
DETAIL C
SCALE 1:2



VIEW B



SECTION A-A



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE		
FIRST ISSUED	UPV	TITLE		
DRAWN BY	Jose			
CHECKED BY		SIZE DRG NO. SHEET REV		
APPROVED BY				
		A4	Matriz inferior_dwg1	A
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

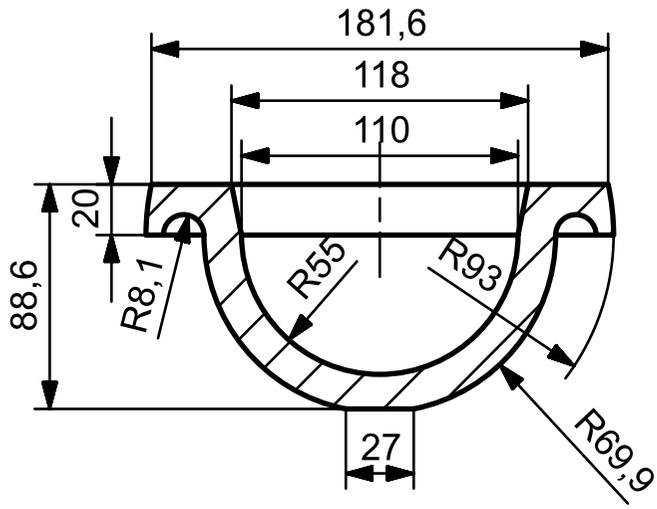
C

C

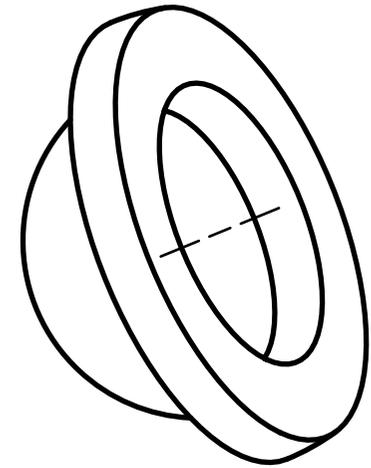
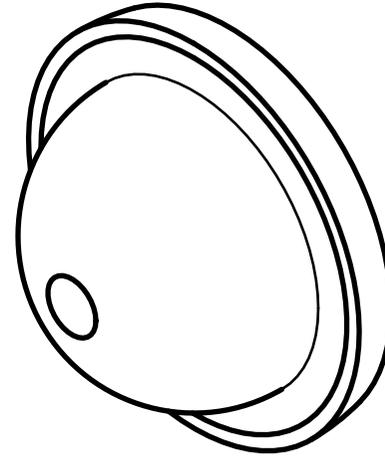
D

D

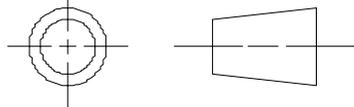
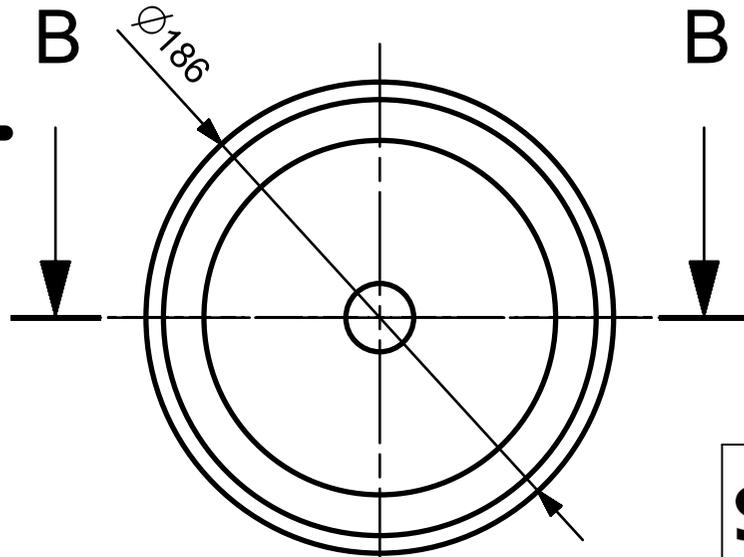
1 2 3 4 5 A4



SECTION B-B



VIEW C



ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	UPV	TITLE	
DRAWN BY	Jose		
CHECKED BY			
APPROVED BY			

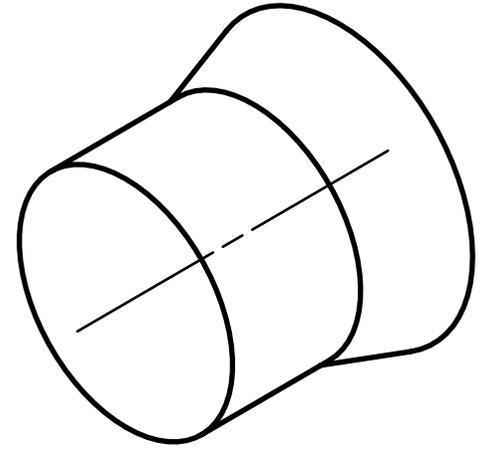
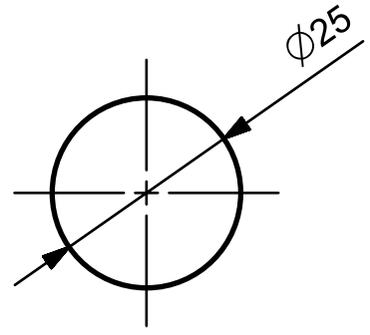
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	Matriz superior_dwg1	A
SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1

A4

1 2 3 4 5 6

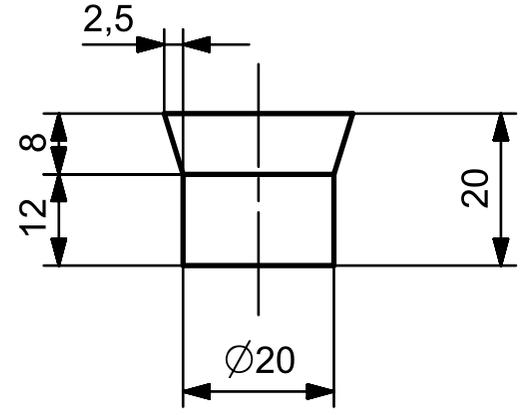
A

A



B

B



C

C

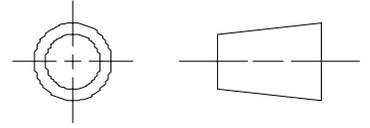
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	UPV
DRAWN BY	Jose
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE	
SIZE	DRG NO.
A4	Pieza - Extrusor_dwg1
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

D



ALL DIMENSIONS IN mm

1 2 3 4 5 A4

ANEXO B:

Características de la impresora 3D

MODELO ZORTRAX M200

PRINTING	
Technology	LPD (Layer Plastic Deposition) / FFF
Layer resolution	90-390 microns (for 0.4 mm [0.016 in] nozzle)
Minimal wall thickness	400 microns (for 0.4 mm [0.016 in] nozzle)
Dimensional accuracy	+/- 0,2%
Angle accuracy	+/- 0,2%
Maximum printing temperature (extruder)	290° C (554° F)
Build platform	Heated
Processor	Quad Core
Operation system	Android
Maximum platform temperature	105° C (221° F)
Ambient operation temperature	20° - 30° C (68°-86° F)
Storage temperature	0° - 35° C (32°-95° F)
AC input	110 V ~ 5.9 A 50/60 Hz 240 V ~ 2.5 A 50/60 Hz
Maximum power consumption	320 W

SOFTWARE	
Software bundle	Z-SUITE 2.0
Supported file types	.stl, .obj, .dxf, .3mf
Supported operating systems	Mac OS X / Windows 7 and newer versions
Output format	ZCODEX

DEVICE FEATURES	
Build volume	200 x 200 x 180mm (7.9 x 7.9 x 7.1 in)
Nozzle diameter	0.3 mm (0.012), 0.4 mm (0.016 in), 0.6 mm (0.024 in)
Connectivity	USB, RJ45, WiFi
Extruder	Single (upgraded for experimental materials)
New cooling system	Double fan and extruder cooling
Hotend	V3 and nozzle with new geometry
Material runout	Mechanical endstop
Build Plate	Perforated plate with pogopins instead of small connector
Platform levelling	Auto
Touchscreen	4" IPS 800x480
In the box	3D Printer, Hotend V3, Side Covers, Z-SUITE 2, spool of material, USB flash drive, build platform, heatbed cable, power cable, spool holder, material guide, quick start guide, starter kit, nozzle 0.4 mm (0.016 in)

FILAMENTS	
Dedicated filaments	Z-NYLON Z-FLEX Z-PLA Pro Z-PETG Z-PCABS Z-SEMIFLEX Z-ULTRAT Z-HIPS Z-GLASS Z-ESD Z-ASA Pro Z-ABS
External filaments	Applicable
Support	Mechanically removed - printed with the same material as the model
Filament container	Spool
Filament diameter	1.75 mm (0.069 in)