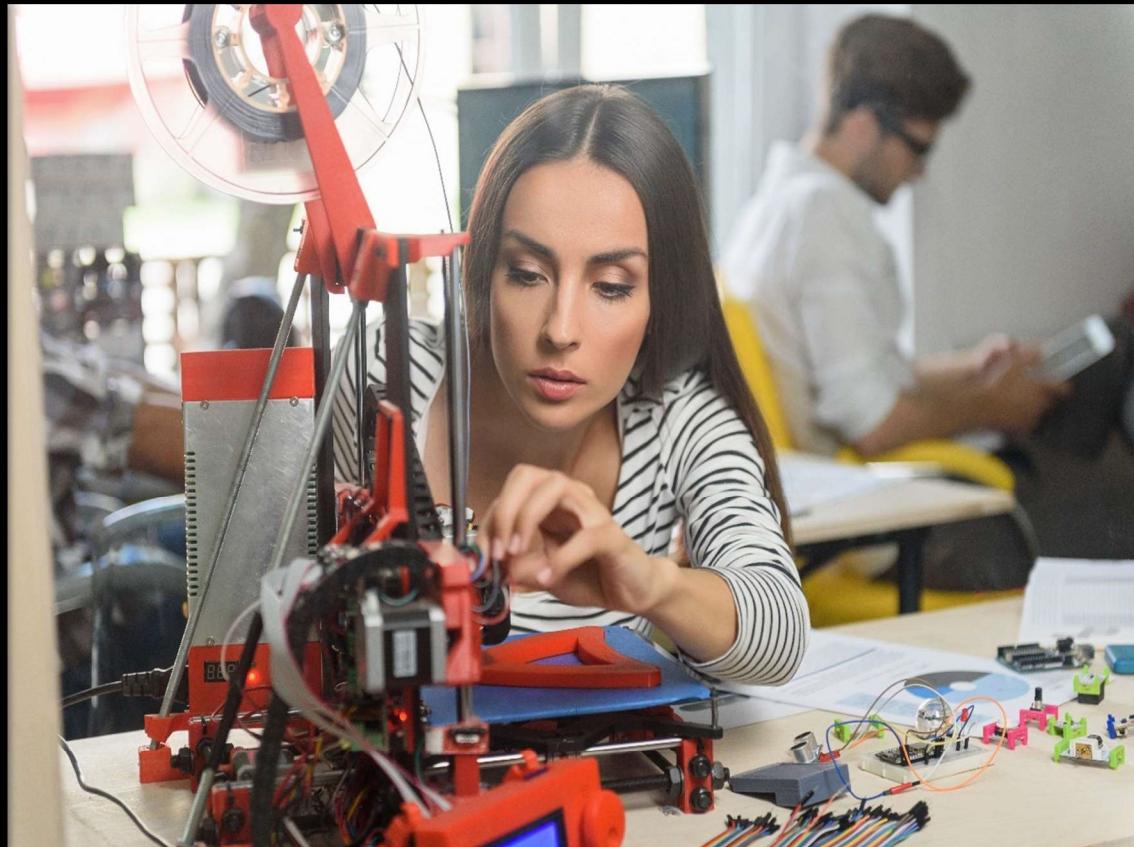


Diseño 3D: FreeCAD



Índice

1.	Información del curso.....	1
1.1.	Datos generales.....	1
2.	Introducción	1
3.	La Era de la Fabricación digital	2
3.1.	Un poco de historia	2
3.2.	Técnicas de fabricación digital	2
3.3.	Actualidad.....	4
4.	Diseño Asistido por Ordenador (CAD).....	5
4.1.	Introducción	5
4.2.	Lo básico para empezar.....	5
4.3.	Las vistas.....	7
4.4.	Medidas.....	7
4.5.	Cilindros y características.....	7
4.6.	Rotaciones y traslaciones.....	8
4.7.	Fusionar formas.....	9
4.8.	Restar formas	10
4.9.	Duplicar objetos	11
4.10.	Clonando objetos.....	11
4.11.	Dibujar con Arrays	12
4.12.	Importar modelos en formato STL	13
4.13.	Diseño de pistón FreeCAD	15
4.14.	Diseño de engranajes mediante FreeCAD	31
4.15.	Diseño de un tornillo en FreeCAD	33
4.16.	Exportación de los archivos a formatos portables (.STL)	42

1. Información del curso

1.1. Datos generales

- Proyecto: Curso Prototipado y Fresadoras CNC
- Acción formativa: Diseño y modelado 3D
- Empresa: Amanecer Digital S.L. (Academia Maker)
- Programa: Subvención para la mejora de las competencias digitales de la población residente en Canarias, cofinanciadas con Fondos Estructurales Europeos. Convocatoria 2022
- Órgano que tramita: Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI)
- Docentes: Miqueas Fortes González
Alfonso Rodríguez Lecuona
Augusto Samuel Hernández Martín
Alejandro Piñero Platero
Raúl Mosquera Roquero
- Modalidad: Presencial
- Lugar: Instituto Tecnológico de Canarias. Plaza Sixto Machado, 3, oficina 124. 38009. Santa Cruz de Tenerife
- Duración: 3 horas
- Fecha: 07/11/2022
- Mínimo de plazas: 20
- Máximo de plazas: 25

2. Introducción

Este curso tiene por objetivo el mostrar y dar a conocer a la comunidad maker una de las herramientas más importantes y populares de la era de la fabricación digital, el diseño e impresión 3D, dada la importante implicación que está teniendo en la industria y en los nuevos proyectos.

Comenzaremos por aprender a manejar lo necesario de un software CAD (Computer-Aided Design), para el modelado de varias piezas mecánicas como una tuerca, tornillo o un pistón de motor.

Posteriormente aprenderemos lo más importante acerca de impresoras 3D y sobre cómo configurar correctamente una impresión para un resultado exitoso por medio de software específico CAM (Computer Aided Manufacturing).

3. La Era de la Fabricación digital

3.1. Un poco de historia

La impresión 3D nace en el año 1984 gracias a Charles Hull, quién inventó la primera técnica de impresión, la estereolitografía (SLA), siendo el primer objeto impreso en 3D mediante este método, una copa de plástico negra.

A partir de ese momento más empresas se fueron sumando a la carrera de la fabricación digital, y en el año 1988 Carl Deckard (Universidad de Texas) presentó la patente para la tecnología de impresión SLS.



En 1989 Scott Crump, cofundador de la empresa Stratasys, patenta una de las tecnologías de impresión 3D más populares a día de hoy, la impresión por Deposición de Material Fundido (FDM).

Durante este periodo la impresión 3D pasó bastante desapercibida debido a la escasa madurez de la tecnología y los altos costes de las impresoras. Todo empieza a cambiar a partir del año 2004 cuando surge el movimiento Rep-Rap, un proyecto de código abierto que promovía la fabricación de impresoras 3D que pudiesen fabricarse a sí mismas. En paralelo a este movimiento y en parte como consecuencia del mismo, surge la Cultura Maker, personas con ánimo de fabricar objetos por sí mismas que entre otras cosas participan del movimiento Rep-Rap para extender, hacer madurar y liberalizar una de las tecnologías más emblemáticas a día de hoy de la Cultura Maker, la impresión 3D.

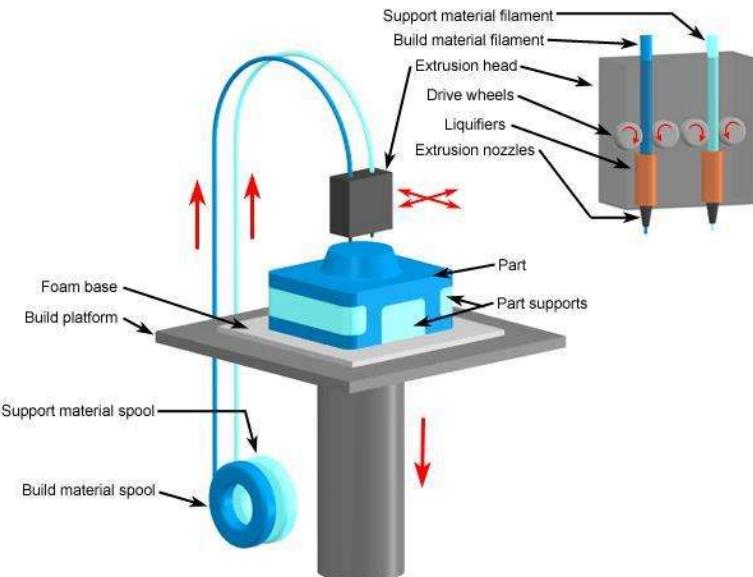
En el año 2009 caduca la patente de la tecnología FDM, y esto permite que a partir del año 2010 muchas empresas saquen al mercado impresoras 3D domésticas a precios muy asequibles, permitiendo así que esta tecnología pudiese hacerse realmente popular en todo el mundo. A día de hoy ¿quién no ha visto, o cómo mínimo no ha escuchado hablar acerca de impresoras 3D?

3.2. Técnicas de fabricación digital

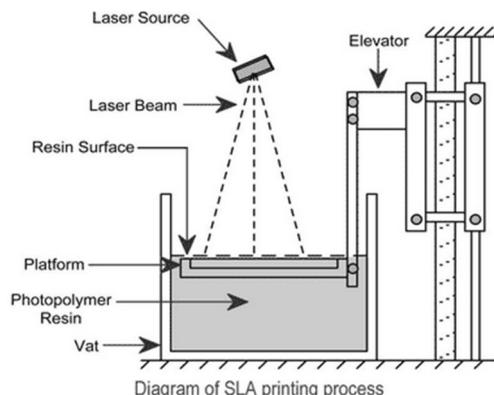
Hablando de forma amplia acerca de fabricación digital, podemos decir que en términos generales existen dos grandes categorías:

1) **Técnicas de fabricación aditivas:** Aquellas que trabajan mediante aporte de material.

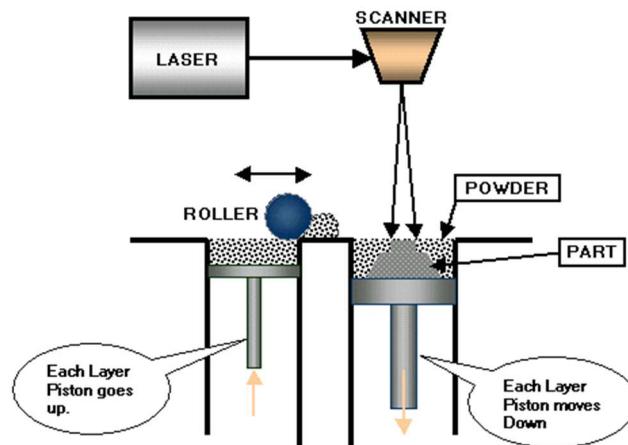
- Deposición de material fundido (FDM)



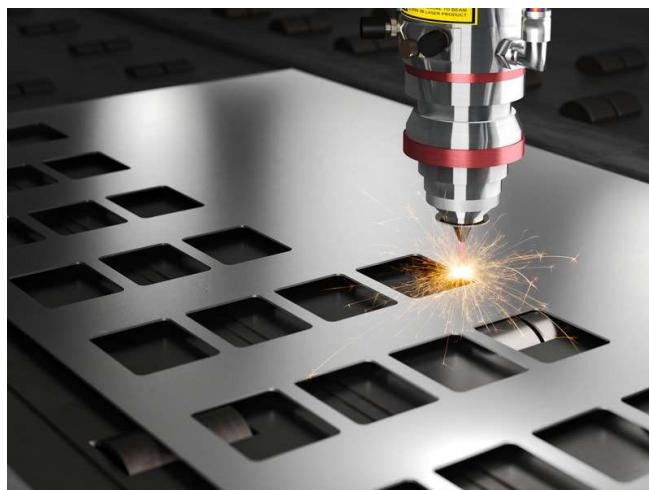
- Estereolitografía (SLA)



- Sinterizado selectivo por láser (SLS)



- 2) Técnicas de fabricación sustractivas:** Aquellas que trabajan mediante eliminación de material.
- Máquinas de control numérico computarizado (CNC): fresadora y cortadora láser son las más populares, pero existen más tipos de máquinas.



3.3. Actualidad

La fabricación digital ha experimentado un avance extraordinario en los últimos años suponiendo una enorme revolución en la industria. Con las actuales herramientas de fabricación digital hoy en día se puede construir casi cualquier cosa, por lo cual están surgiendo una inmensa cantidad de nuevas aplicaciones y usos: fabricación de máquinas y piezas de máquinas, productos para múltiples usos, muebles, vestimenta, joyas, alimentos, prótesis, etc...; por no hablar de otro tipo de aplicaciones experimentales aún en desarrollo, tales como la construcción de casas, coches, tejidos orgánicos humanos y la fabricación de repuestos espaciales fuera de la tierra.



4. Diseño Asistido por Ordenador (CAD)

4.1. Introducción

El Diseño Asistido por Ordenador (CAD) lo conforman herramientas empleadas para diseñar modelos de objetos en 3D, y este es el primer paso fundamental antes de entrar en la fase de fabricación. No podemos fabricar un objeto sin su correspondiente modelo en 3D.

Para este trabajo se utiliza software específico de los cuales existe una gran variedad, tanto software propietario como software libre. Para este curso nos hemos decidido por FreeCAD, una herramienta CAD gratuita, de código abierto y fácil de manejar.

4.2. Lo básico para empezar

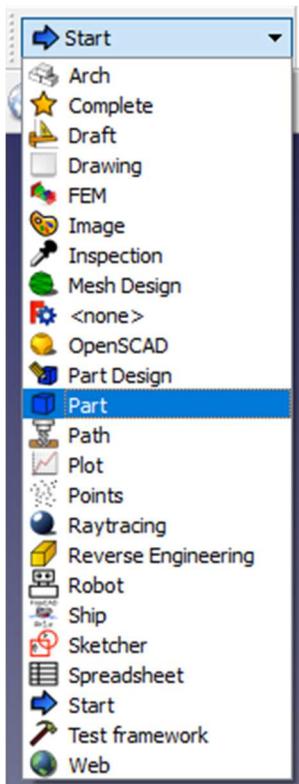
De aquí en adelante nos centraremos en el estudio de FreeCAD, describiendo el software y las herramientas necesarias para el proyecto objeto de este curso.

Lo primero será la instalación del software FreeCAD. Para ello, nos debemos dirigir al siguiente enlace (<https://www.freecadweb.org/wiki/Download/es>) donde descargar el instalador adecuado para nuestro ordenador

Una vez instalada la aplicación en nuestro ordenador, lo primero es **abrir el programa y crear un nuevo proyecto**:

 	Crear y guardar un nuevo proyecto
---	-----------------------------------

En el desplegable vertical que aparece en el menú podemos acceder a los diferentes **bancos de trabajo** de FreeCAD. Al seleccionar uno aparecen nuevas herramientas en el menú que se corresponden con el banco de trabajo que hemos seleccionado:



Escogemos la opción “**Part**”, que es el banco de trabajo más básico de FreeCad para comenzar a crear figuras primitivas.

Podemos arrastrar y reubicar las nuevas opciones del menú para mayor comodidad.

Comencemos creando algo sencillo, un **cubo**.



Ahora algo fundamental para movernos por el diseño: **desplazamiento, rotación y zoom**.

Podemos ver y seleccionar por separado los tres elementos básicos de la geometría de una figura: **vértice, arista y cara**.

Otro aspecto a tener en cuenta en la vista del modelo es el **eje de coordenadas** que aparece en la esquina inferior derecha.

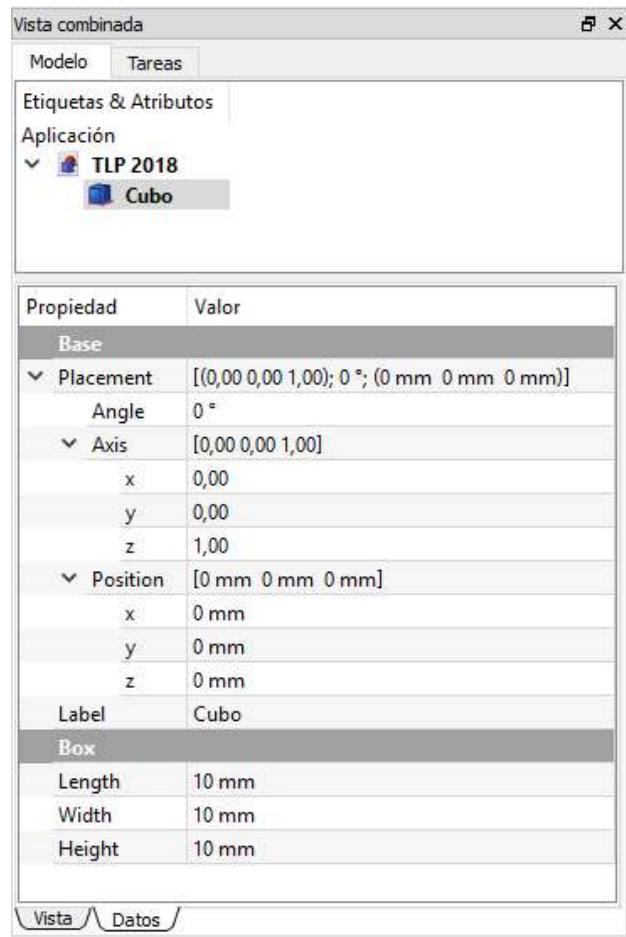
Ahora pasamos a la ventana de la izquierda, “**Vista combinada**”, en la que invertiremos mayor cantidad de tiempo cada vez que hagamos un proyecto con FreeCad.

Desde la pestaña “**Modelo**”, en el apartado de “**Etiquetas & Atributos**” vemos toda la información del proyecto, su nombre y todos los elementos que conforman el diseño. Podemos cambiar el nombre de cada elemento para llevar un mayor orden y control.

Desde “**Datos**” podemos ver y modificar la posición y las dimensiones de cada elemento del proyecto.

Desde “**Vista**” podemos ver y modificar los atributos de cada elemento.

Finalmente desde la pestaña “**Tareas**” se nos muestra el menú específico de



Propiedad	Valor
Base	
Placement	[0,00 0,00 1,00]; 0 °; (0 mm 0 mm 0 mm)
Angle	0 °
Axis	[0,00 0,00 1,00]
x	0,00
y	0,00
z	1,00
Position	[0 mm 0 mm 0 mm]
x	0 mm
y	0 mm
z	0 mm
Label	Cubo
Box	
Length	10 mm
Width	10 mm
Height	10 mm

las acciones que estemos llevando a cabo para trabajar el diseño. Inicialmente se muestra vacío porque no estamos ejecutando ninguna acción.

4.3. Las vistas

Una de las herramientas que más vas a tener que utilizar en FreeCAD son las **vistas**, teniendo disponibles las siguientes:



- Vista axonométrica
- Vista alzado
- Vista de planta
- Vista inferior
- Vista derecha
- Vista izquierda
- Vista posterior

Esto es fundamental para poder recorrer el objeto de forma rápida y sobre todo para poder dibujar con precisión desde diferentes puntos de vista.

4.4. Medidas

Las herramientas de medida son igualmente imprescindibles a la hora de dibujar para poder obtener distancias precisas, **tanto lineales como angulares**, y en lo que respecta a medidas lineales, algo muy interesante es que no solo podemos obtener la distancia punto a punto de un objeto respecto a otro, sino también representar las coordenadas de dicha distancia.



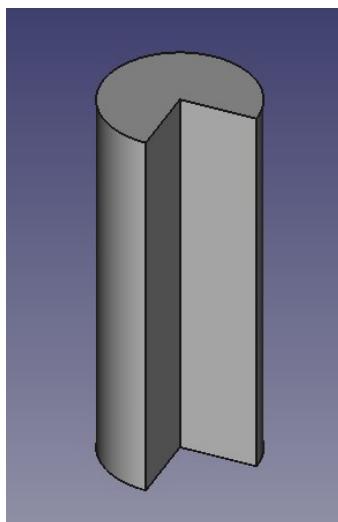
4.5. Cilindros y características

Crear un **cilindro** es muy sencillo, solamente nos vamos a las formas primitivas dentro del banco de trabajo “**Part**” y seleccionamos la herramienta para dibujar un cilindro:



Como todas las figuras podemos modificar posición y rotación. En lo que respecta a las dimensiones del cilindro tenemos tres valores que podemos modificar:

- Radio
- Altura
- Ángulo



Propiedad	Valor
Base	
Placement	[{0,00 0,00 1,00}; 0 °; {0 mm 0 mm 0 mm}]
Angle	0 °
Axis	[0,00 0,00 1,00]
Position	[0 mm 0 mm 0 mm]
x	0 mm
y	0 mm
z	0 mm
Label	Cilindro018
Cylinder	
Radius	2 mm
Height	10 mm
Angle	270,00 °

El cilindro anterior tiene un radio de 2mm, una altura de 10mm y un ángulo de 270º

4.6. Rotaciones y traslaciones

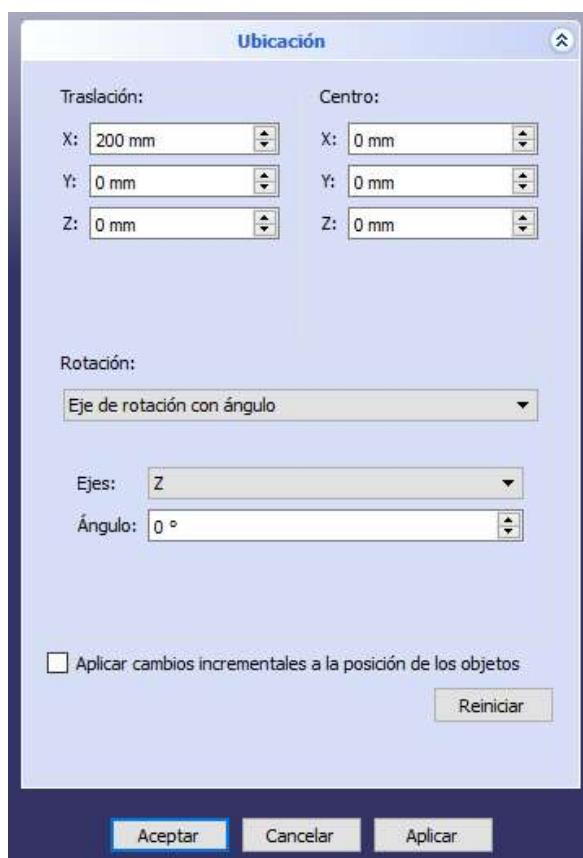
La forma rápida de rotar cualquier objeto es desplegando la opción “**Axis**” dentro de la “**Vista combinada**” del margen izquierdo, después de haber seleccionado el objeto correspondiente.

Propiedad	Valor
Base	
Placement	[{0,00 0,00 1,00}; 0 °; {200 mm 0 mm 0 mm}]
Angle	0 °
Axis	[0,00 0,00 1,00]
x	0,00
y	0,00
z	1,00
Position	[200 mm 0 mm 0 mm]

Simplemente introduce “**1,00**” en el eje de coordenadas sobre el que va a rotar el objeto, y luego en “**Angle**” introduce el ángulo de rotación.

Para añadir rotaciones sobre otros ejes no te recomiendo este método. Para rotaciones más complejas existe una opción más completa.

Pulsando sobre “**Placement**” aparece un botón a la derecha mediante el cual se accede a un menú dentro de la pestaña “**Tareas**” que nos permite introducir rotaciones más complejas a los objetos.



Podemos modificar el punto **Centro de referencia** para realizar **Traslaciones y Rotaciones**.

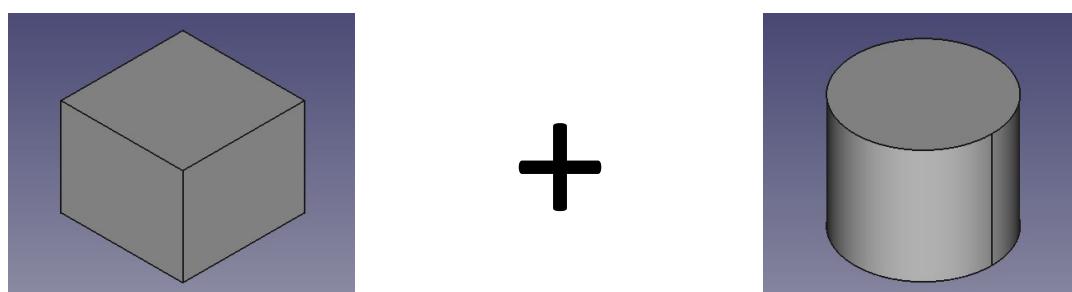
También podemos escoger el eje de rotación “**X, Y, Z**” de nuestro sistema de referencia de coordenadas cartesianas, o incluso introducir un nuevo **eje de rotación definido por el usuario**.

Por supuesto introducir el **Ángulo** de rotación.

Y finalmente, algo muy interesante es que también podemos **“Aplicar cambios incrementales a la posición de los objetos”**, lo que significa que podemos aplicar rotaciones o traslaciones sucesivas sobre diferentes ejes o puntos de referencia, para un mayor control de posición y orientación del objeto.

4.7. Fusionar formas

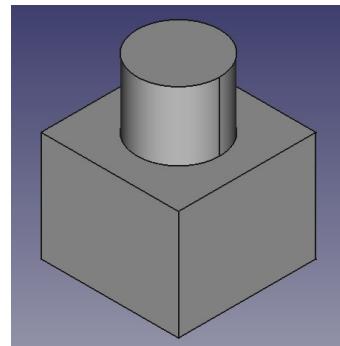
Muchas de las formas complejas que necesites dibujar las puedes construir a partir de la suma o unión de figuras primitivas:



Para ello selecciona primero dos o más elementos cualesquiera de tu proyecto y a continuación escoge la herramienta **“Hacer una unión de varias formas”**. No importa el orden de selección de los elementos:



Como resultado se generará una nueva figura que contiene los elementos originales:



Es importante tener en cuenta que si se modifica cualquiera de las figuras originales, los cambios se verán reflejados en la forma resultante de la unión.

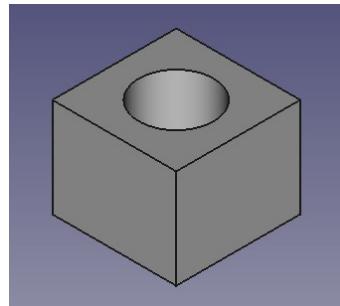
4.8. Restar formas

Muy parecido a la herramienta de unión pero la operación es justo la opuesta. En este caso deseamos obtener una forma como resultado de **sustraer de una figura la forma de otra figura**, y aquí sí es importante tener en cuenta el orden de selección de las formas, puesto que será la primera forma que seleccionemos a la que se le restará la segunda forma.

Una vez seleccionadas en el orden correcto las formas que deseamos restar, pulsamos sobre la herramienta de “**Hacer un corte de dos formas**”:



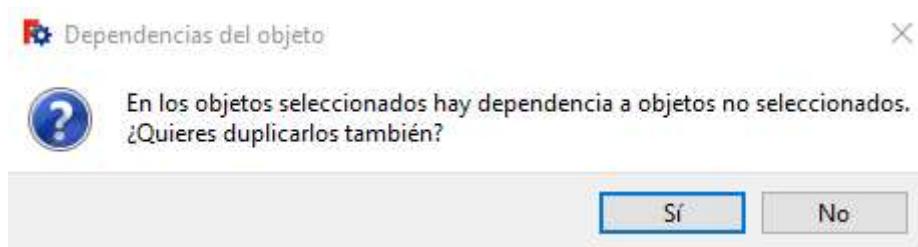
El siguiente ejemplo muestra cómo queda un cubo al que le hemos restado la forma de un cilindro que lo atraviesa por el centro:



4.9. Duplicar objetos

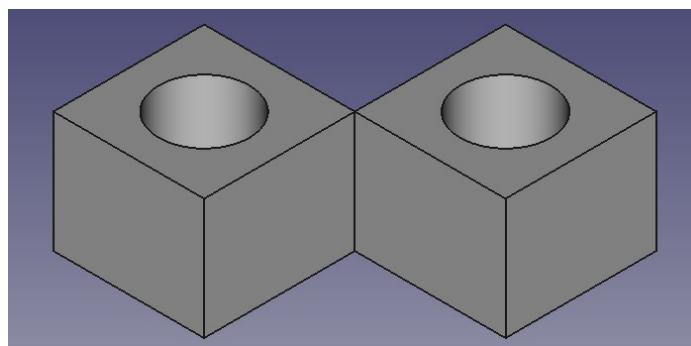
Duplicar figuras dibujadas es algo muy útil para trabajar con rapidez. Para ello simplemente seleccionamos una forma, nos vamos a “**Editar**” y pulsamos “**Duplicar la selección**”.

En caso de tratarse de una forma dependiente de otros objetos nos saldrá el siguiente aviso:



Si aceptamos **se duplicarán tanto la forma seleccionada como sus objetos dependientes**, lo que significa que la figura duplicada será totalmente independiente de la original, al tener sus propios objetos dependientes. Esto es útil si necesitamos realizar modificaciones en la figura duplicada sin alterar la figura original.

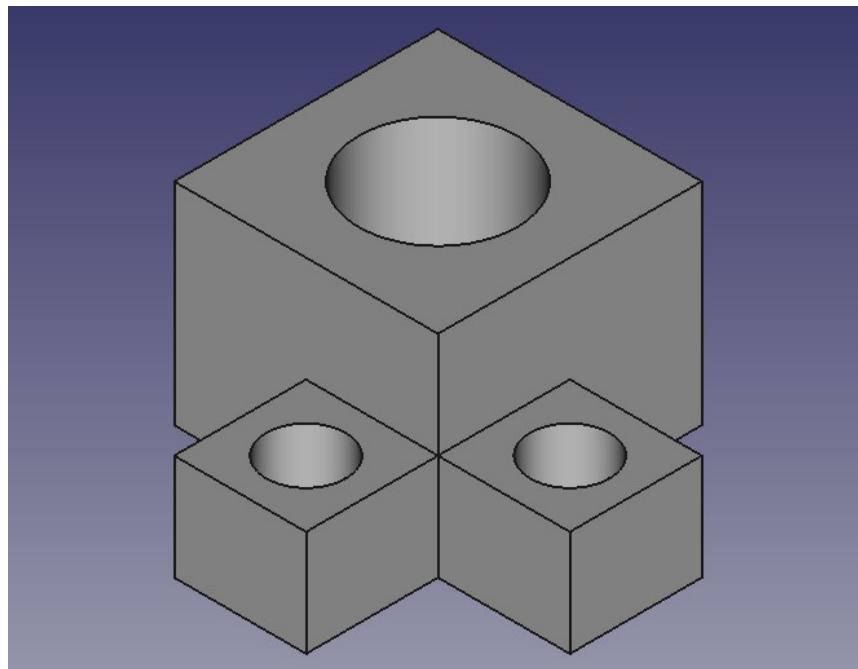
En cambio si no tenemos intención de modificar la figura duplicada y lo que queremos es que ambas se mantengan exactamente iguales, lo mejor es seleccionar “**No**”. De esa forma **los dos objetos serán dependientes de las mismas figuras primitivas**, y cualquier modificación que apliquemos sobre las figuras afectará a ambos objetos. De lo contrario tendríamos que modificar manualmente ambos objetos y eso sería una pérdida de tiempo y nuestro modelo no estaría lo suficientemente optimizado.



4.10. Clonando objetos

Aunque se parezcan, **Clonar un objeto** no es exactamente lo mismo que **Duplicar un objeto**. Cuando clonamos un objeto, éste siempre va a ser dependiente del objeto original, es decir, que si modificamos la forma original los cambios afectarán a los clones.

Sin embargo, los clones tienen algo muy interesante, y es que aunque su forma dependa del objeto original, podemos modificar la escala en cualquiera de los ejes “X, Y, Z” del clon de forma independiente. En la siguiente figura se muestran dos cubos perforados de igual tamaño, que son el mismo objeto original y su duplicado que vimos en el apartado anterior, y además un clon del original con la escala modificada para que se muestre más grande:



Para clonar un objeto nos vamos al banco de trabajo “**Draft**”, y pulsamos sobre la herramienta con forma de cara de **Clon de Star Wars** (me encanta el detalle):



Automáticamente nos aparecerá nuestro objeto clonado en el **Proyecto**. Para modificar la escala del objeto lo seleccionamos para visualizar sus propiedades, y abajo del todo nos debe aparecer la opción “**Scale**”, que nos permite cambiar la escala de la figura clonada en cualquiera de los ejes.

4.11. Dibujar con Arrays

Los **Arrays** son otra manera de dibujar repitiendo objetos creados para ahorrar tiempo de diseño y optimizar el modelo, pero funcionan de forma totalmente diferente al **duplicado de objetos** y al **clonado de formas**.

Los **Arrays** son la manera más rápida y óptima de dibujar objetos de manera repetitiva. Nos permite crear sucesivas copias del mismo objeto, y determinar la distancia de

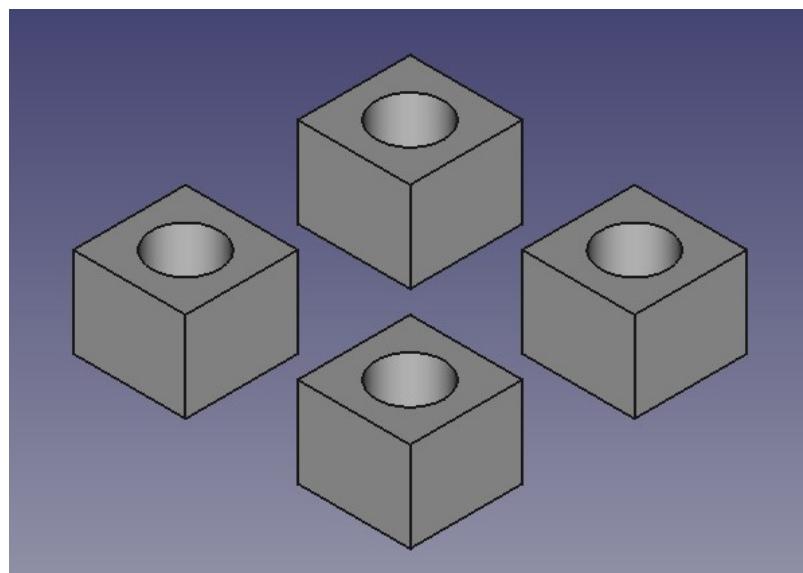
separación entre los mismos a lo largo de los ejes “**X, Y, Z**” en el caso de **repeticiones lineales**, así como el ángulo de separación entre objetos en el caso de **repeticiones angulares**.

Al tratarse de una repetición de objetos, todos dependen de la forma original por lo que no se pueden modificar por separado. Si modificamos la forma original los cambios se aplican a todas las repeticiones del **Array**. A diferencia de los **Clones**, los objetos del **Array** son mucho más rápidos de crear y posicionar, pero tienen la limitación de que no se pueden ubicar por separado.

Para dibujar un **Array** de objetos nos vamos al banco de trabajo “**Draft**”, seleccionamos un objeto y pulsamos sobre la herramienta “**Crear una matriz rectangular o polar de un objeto seleccionado**”:



La siguiente imagen muestra como ejemplo el mismo cubo perforado de ejemplos anteriores repetido dos veces en el eje X y dos veces en el eje Y, con una separación entre cubos de 20mm de centro a centro en ambos ejes:

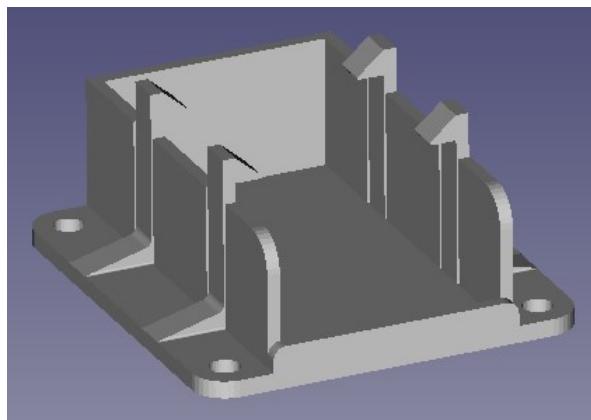


4.12. Importar modelos en formato STL

La **extensión .STL** es un formato de archivo estándar para diseños CAD que define la geometría de objetos 3D. Es utilizado ampliamente por diversos software CAM de impresión 3D, y es por ello que la inmensa mayoría de modelos 3D que podemos encontrar en Internet para descargar, estarán con este formato.

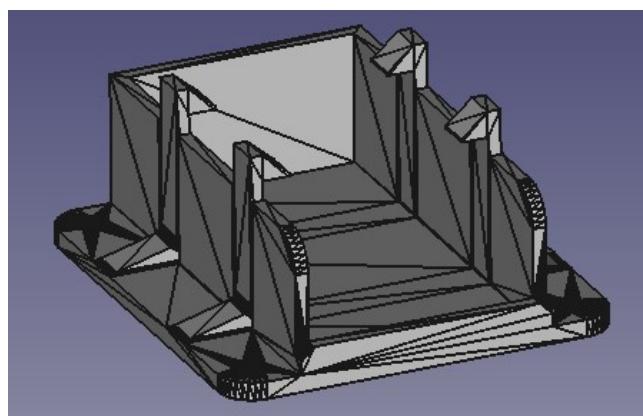
Determinadas páginas web como **Thingiverse** tienen disponible para descargar cientos de miles de modelos 3D que la comunidad comparte libremente. Por lo tanto, resulta tremendamente interesante el saber cómo importar modelos STL a nuestro proyecto en FreeCAD para ser capaces de aprovechar un recurso tan valioso, teniendo en cuenta que a menudo podremos encontrar partes ya fabricadas de aquello que estemos dibujando.

Para importar un modelo en formato .STL **abrimos un proyecto nuevo**, y buscamos el archivo en cuestión. Se nos abrirá el modelo 3D y lo podremos visualizar correctamente, incluso desplazarlo y rotarlo sin problema, pero no podremos seleccionarlo ni hacer nada más con él de momento, dado que no se trata de una pieza propia de FreeCAD.



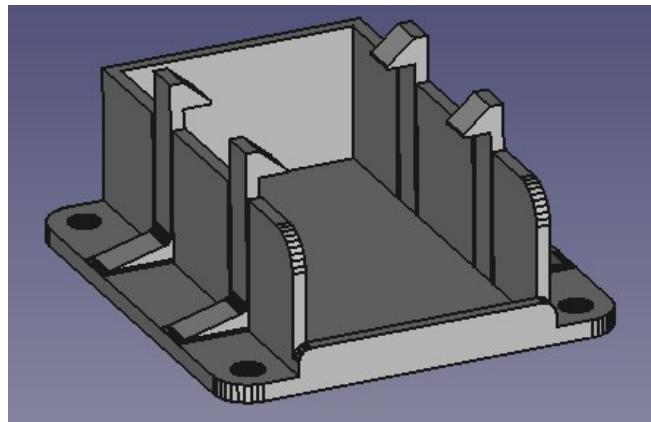
Por tanto, lo siguiente será transformar el modelo para que lo podamos seleccionar y manipular.

Para ello seleccionamos la forma desde la “**Vista combinada**” y abrimos el menú “**Pieza**”. Escogemos la opción “**Crear forma de malla**”. Se nos abre un cuadro de diálogo que nos pide introducir la tolerancia, así que le damos a aceptar directamente el valor predeterminado. La pieza resultante será algo como esto:



Ahora esta pieza sí la podemos seleccionar y trabajar con ella, pero tiene el inconveniente de que con la transformación se han añadido múltiples caras y aristas

aparentemente inútiles que complican el aspecto de la pieza más de lo necesario. Para resolver esto seleccionamos nuevamente el objeto, abrimos el menú “Pieza” y seleccionamos la herramienta “**Refinar la forma**”. El nuevo aspecto sería el siguiente:

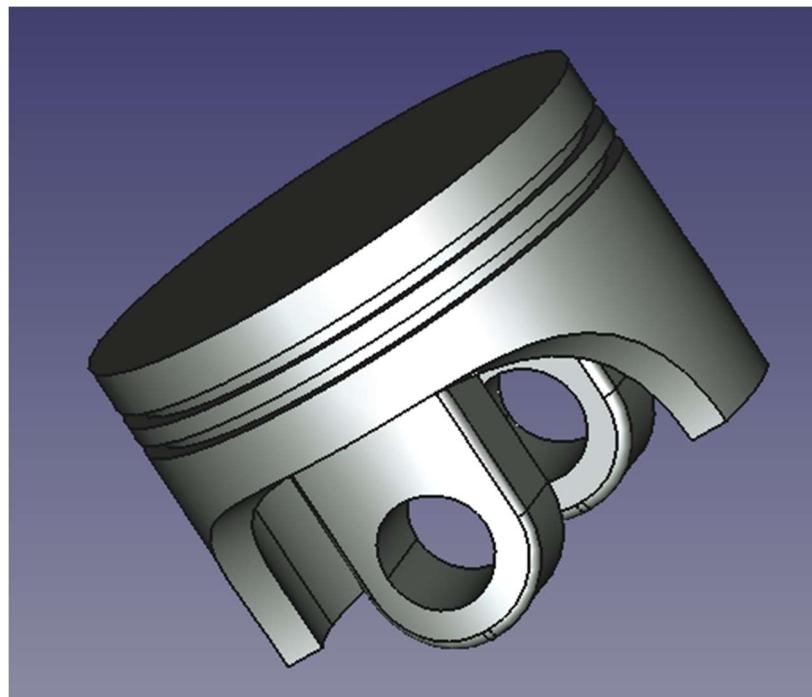


Al fin hemos conseguido que el objeto tome formato de pieza en FreeCAD para que podamos trabajar con él con total normalidad.

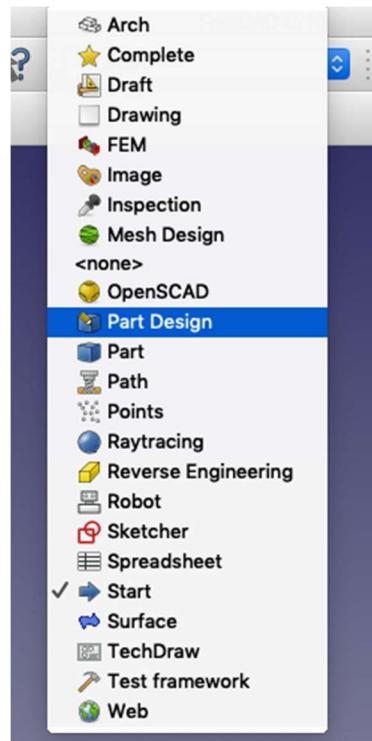
4.13. Diseño de pistón FreeCAD

Aunque las posibilidades de FreeCAD son muchísimo más amplias de lo que hemos visto hasta ahora, solo con las herramientas básicas que se han descrito a lo largo de los apartados anteriores, ya tenemos recursos suficientes para hacer frente a proyectos de cierta complejidad, por lo que ya podemos desarrollar las piezas objeto del presente curso. Este será el trabajo que llevaremos a cabo durante el transcurso del curso.

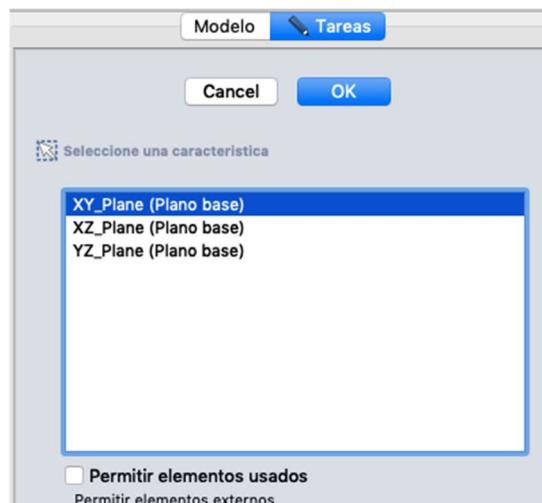
El resultado final deberá ser un objeto como este:



Para ello comenzaremos creando un proyecto en FreeCAD y nos dirigiremos a la pestaña “Part Design” para crear un nuevo boceto.



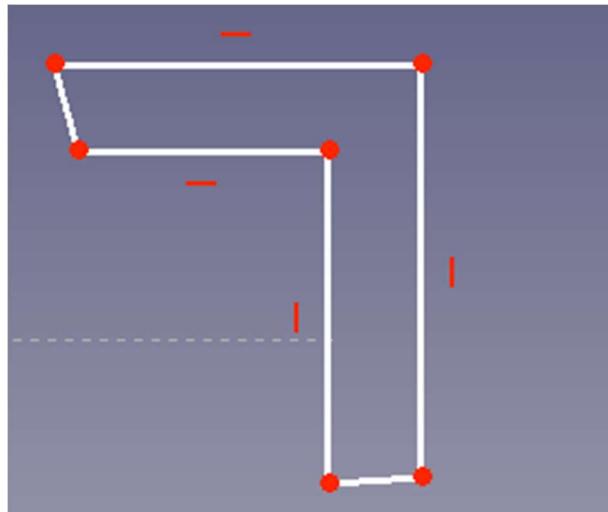
Seleccionaremos el plano XY para la realización del boceto.



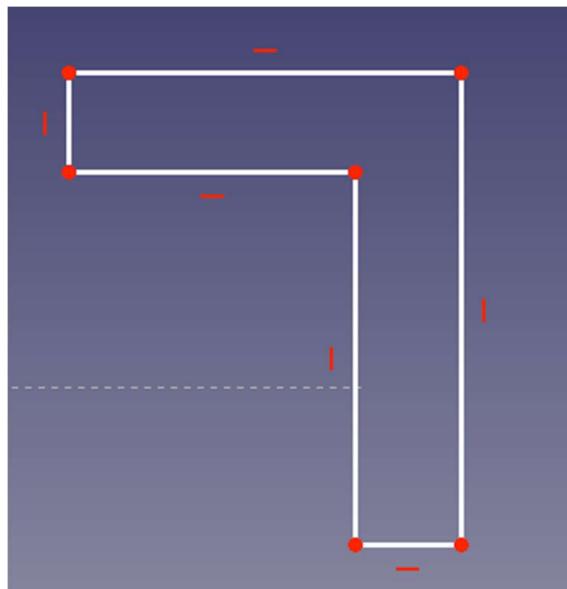
A continuación, insertaremos una polilínea mediante el icono que se indica.



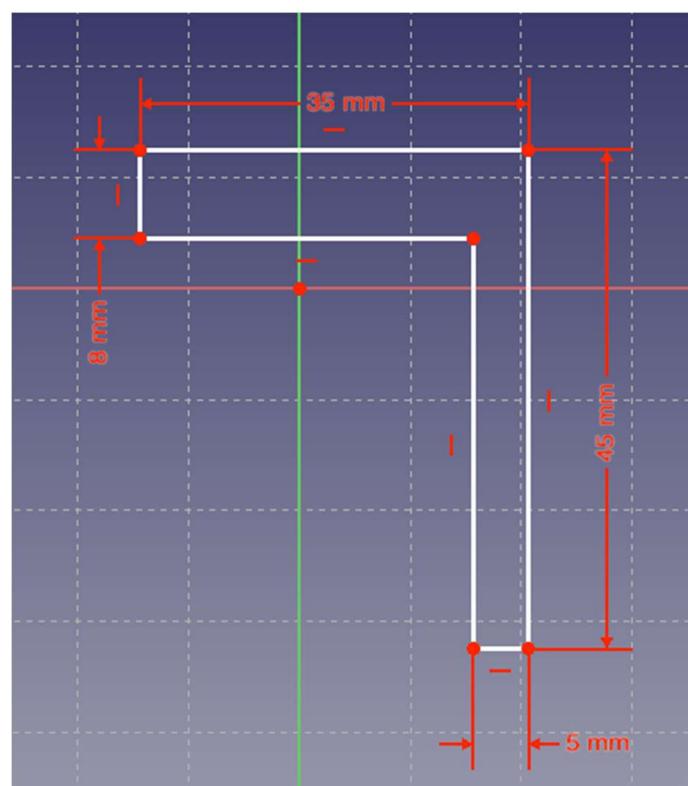
Dibujamos el siguiente sketch:



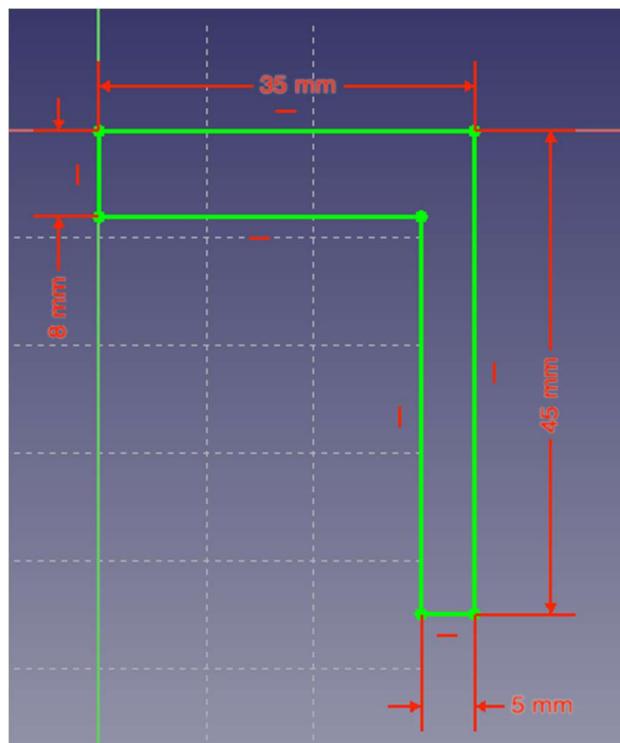
Le aplicamos **restricciones horizontales** (—) y **verticales** (|) hasta obtener la siguiente forma.



Continuamos parametrizando el modelo y añadimos las dimensiones del dibujo como se observa.

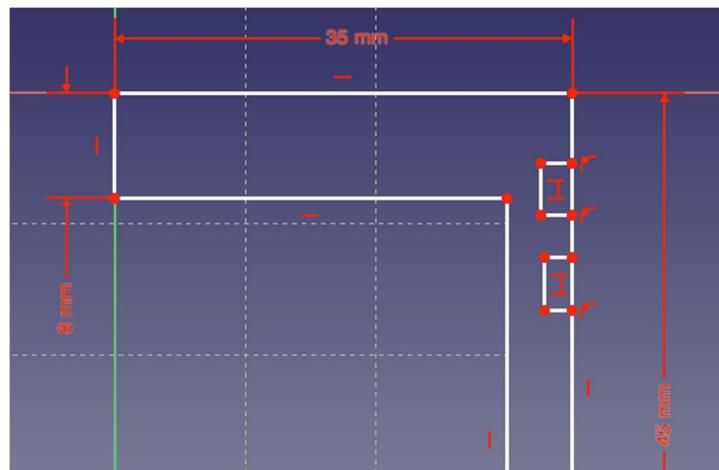


El siguiente paso será colocar la esquina superior izquierda en el origen, mediante la **restricción de coincidencia**. Seleccionamos el punto del origen y el vértice superior izquierdo y le indicamos que los puntos coincidan (●).

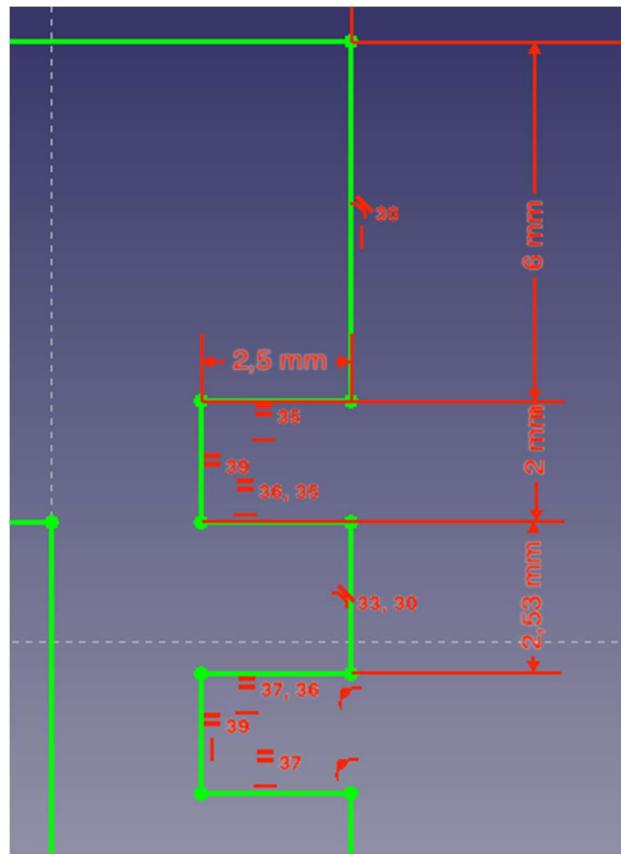


Nuestro modelo cambia a color verde indicándonos que está totalmente restringido.

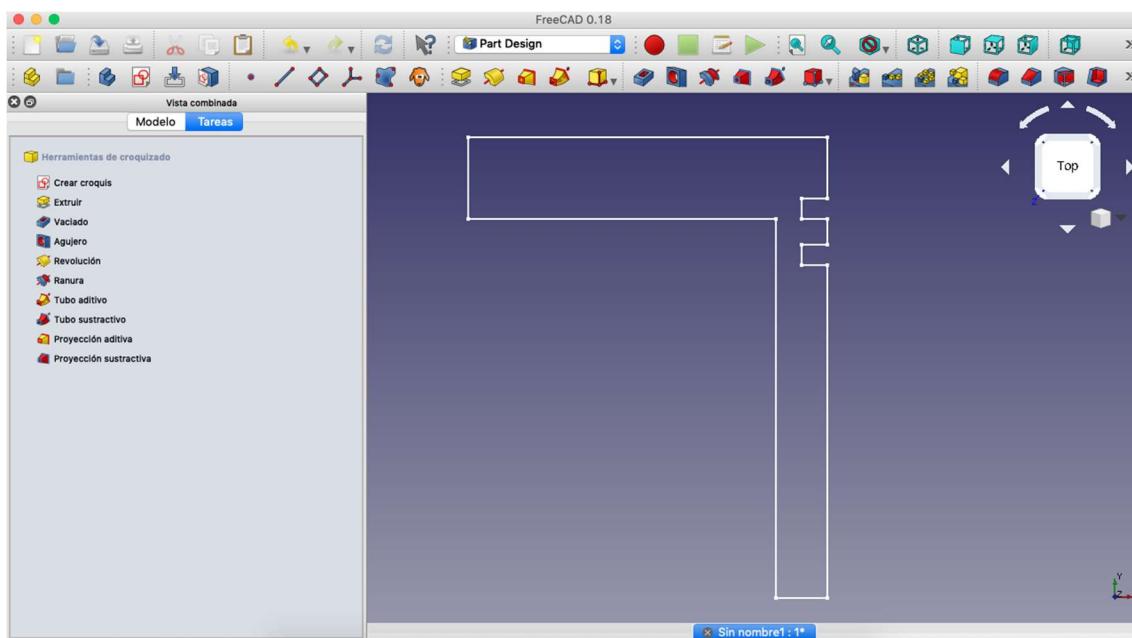
Tras esto se añadirán las hendiduras para los segmentos del pistón. Para ello insertaremos nuevamente un conjunto de **polilíneas** y **restricciones** hasta obtener este resultado.



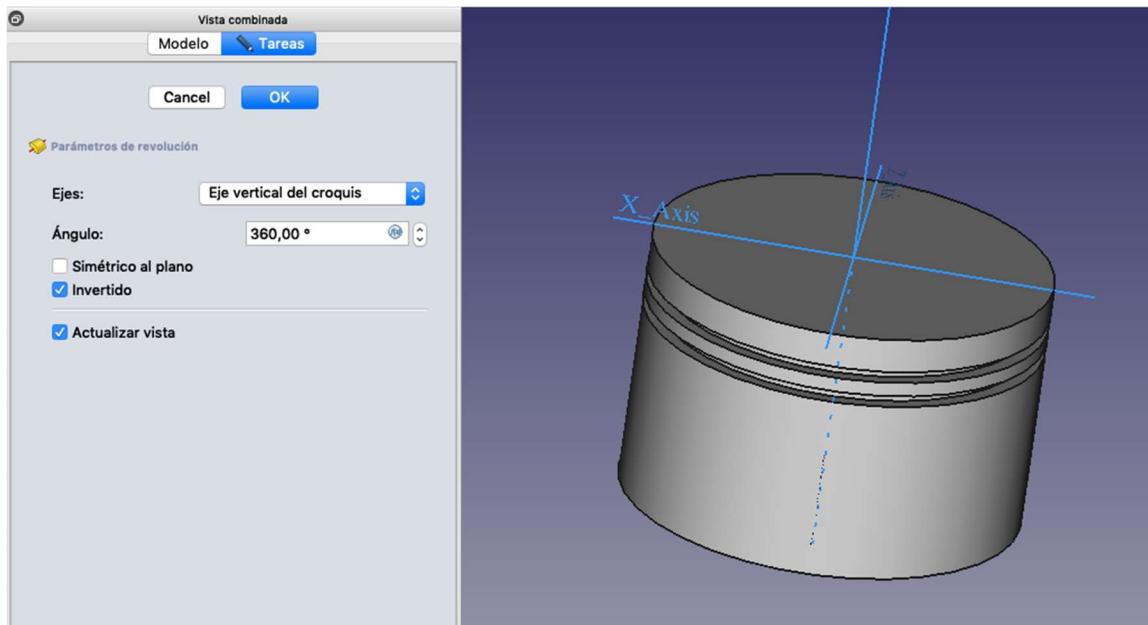
Le eliminamos las líneas sobrantes mediante la herramienta **recorte** () y acotaremos el dibujo. Podemos ayudarnos de la **herramienta igualdad** () para acotar líneas con igual dimensión.



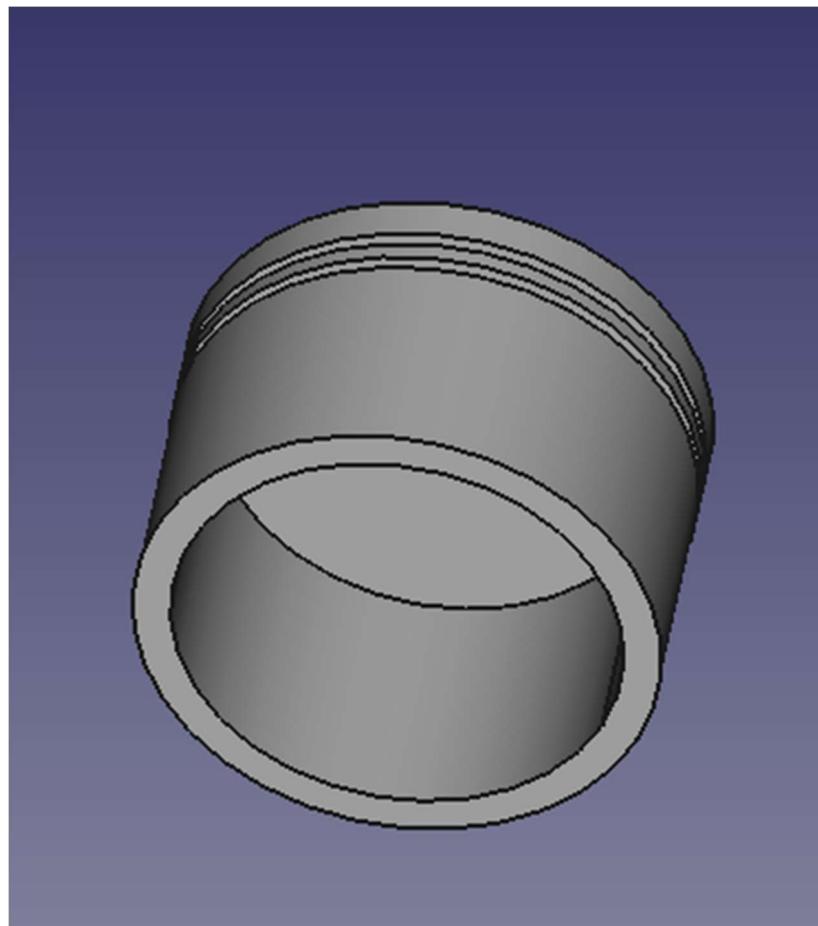
Finalizamos el sketch, obteniendo la siguiente vista.



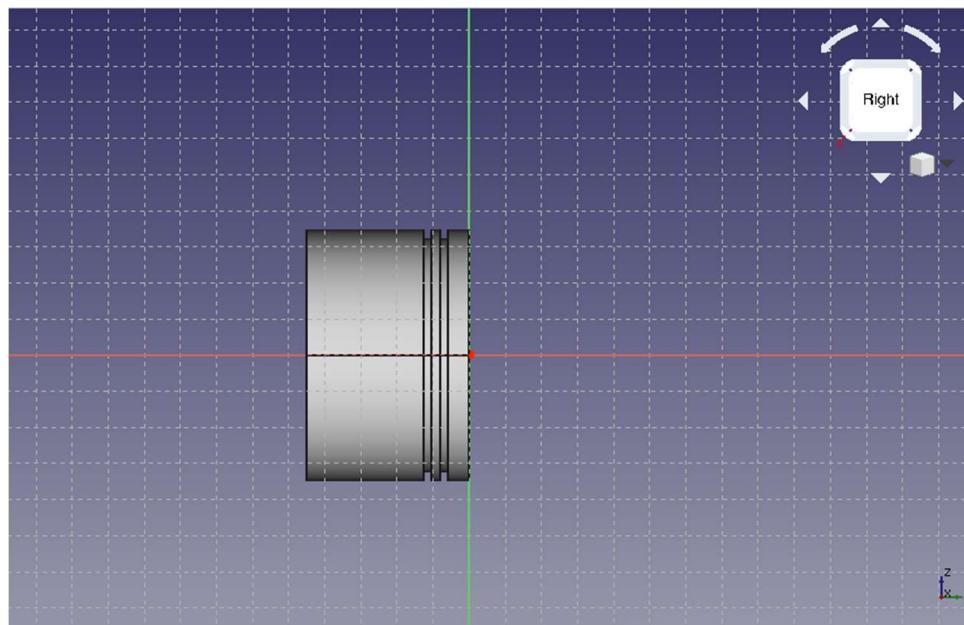
Para construir la cabeza del pistón, aplicaremos una **revolución** de este boceto alrededor del eje Y. Para ello nos dirigimos a la **herramienta revolución** (☞), seleccionamos el sketch y le indicamos un ángulo de 360º.



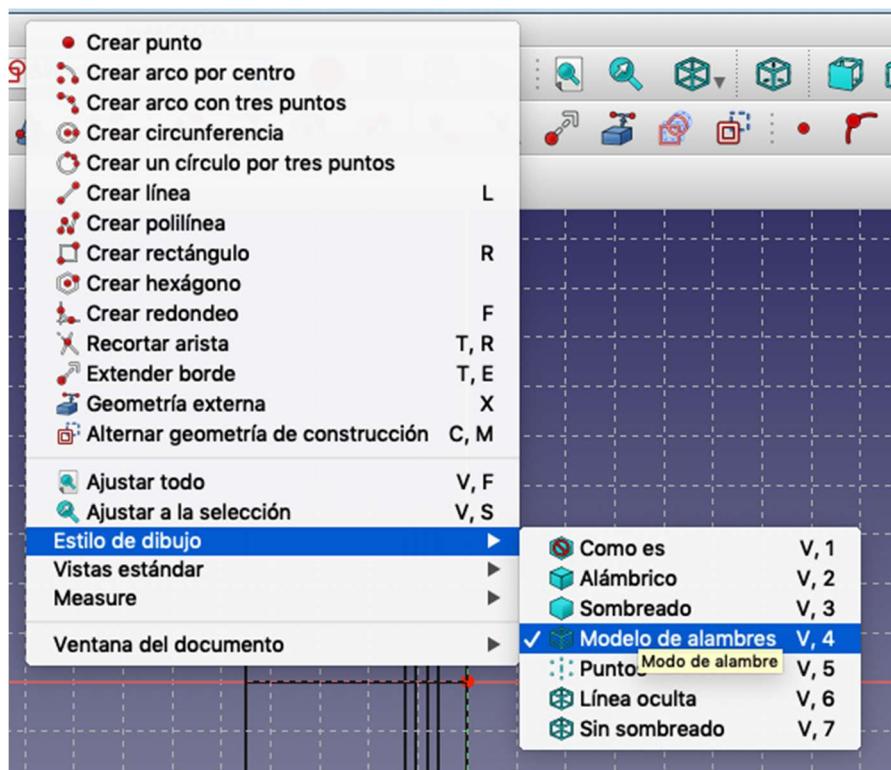
Tras esto, se tiene finalizada la cabeza del pistón.



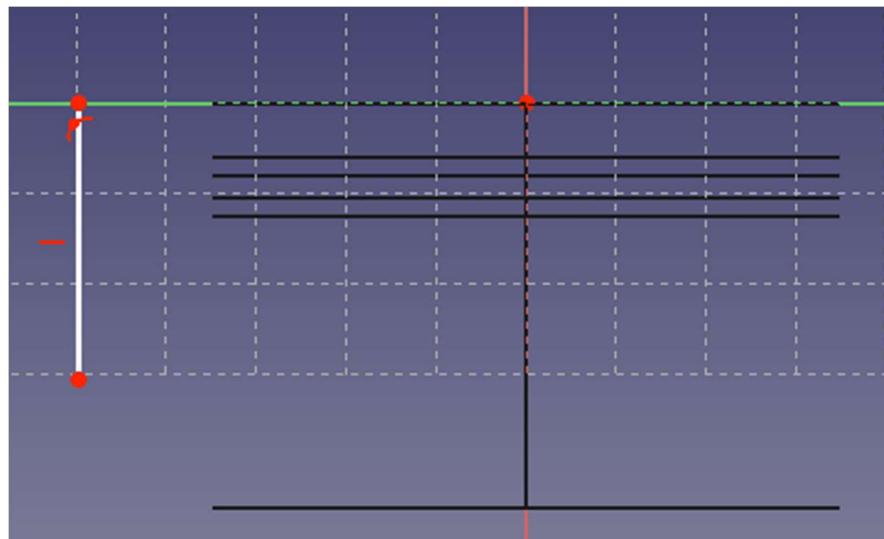
Continuaremos diseñando los huecos laterales de la cabeza. Para ello **creamos un croquis en el plano YZ**.



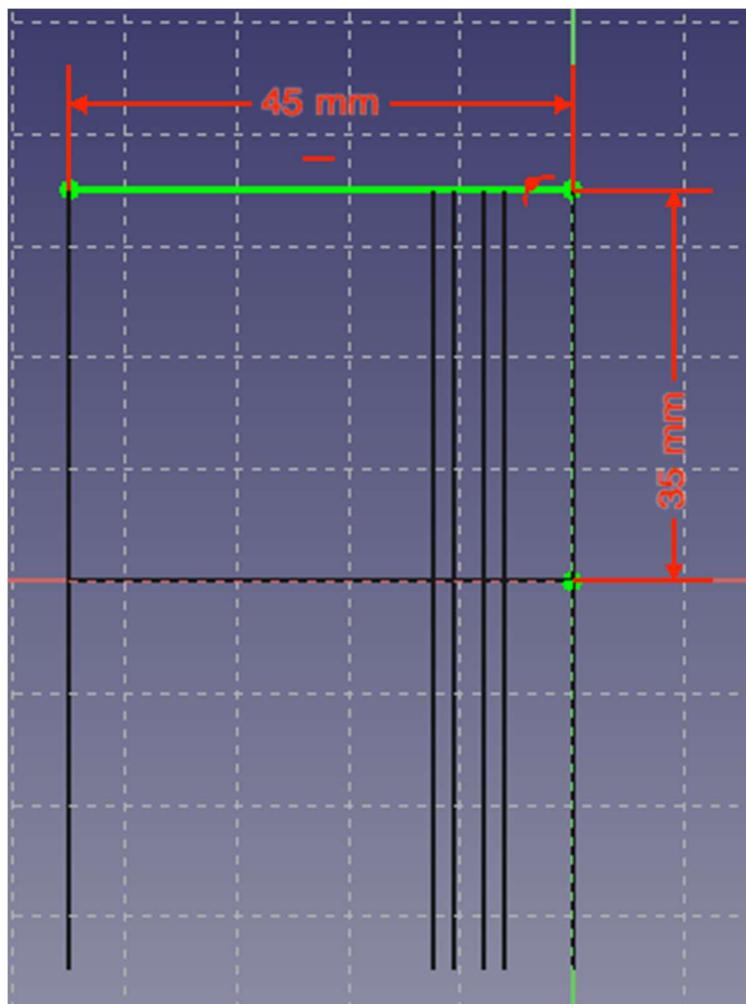
Para una mejor edición **pasamos a la vista de alambre**, para poder ver únicamente las líneas de la pieza.



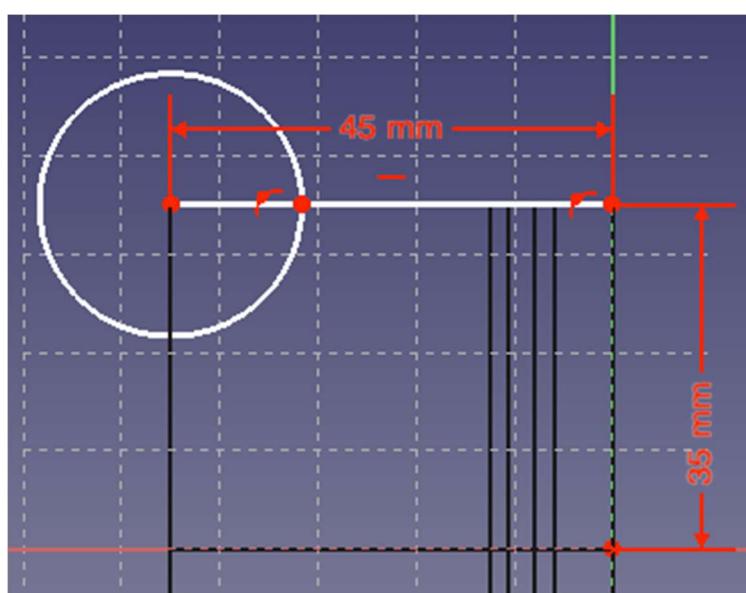
Insertamos una **línea paralela al pistón** y coincidente en un extremo con el eje.



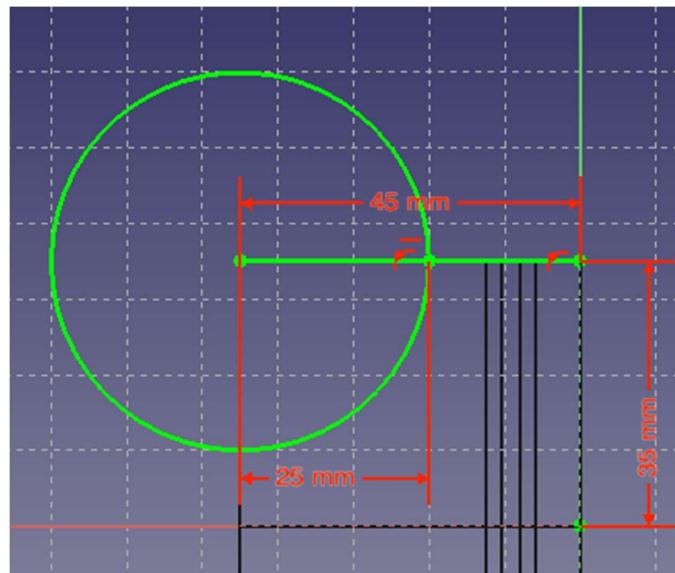
Acotamos la línea para hacerla coincidir con el borde del pistón.



Añadimos un círculo y punto y le damos **restricción de fijar punto sobre objeto** ().

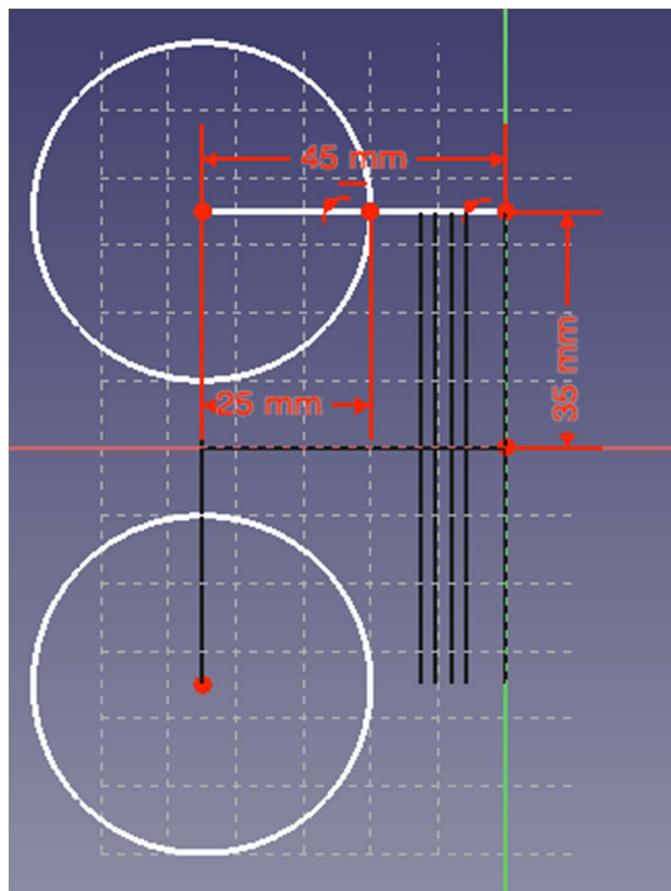


Acotamos el radio del círculo a 25 mm.

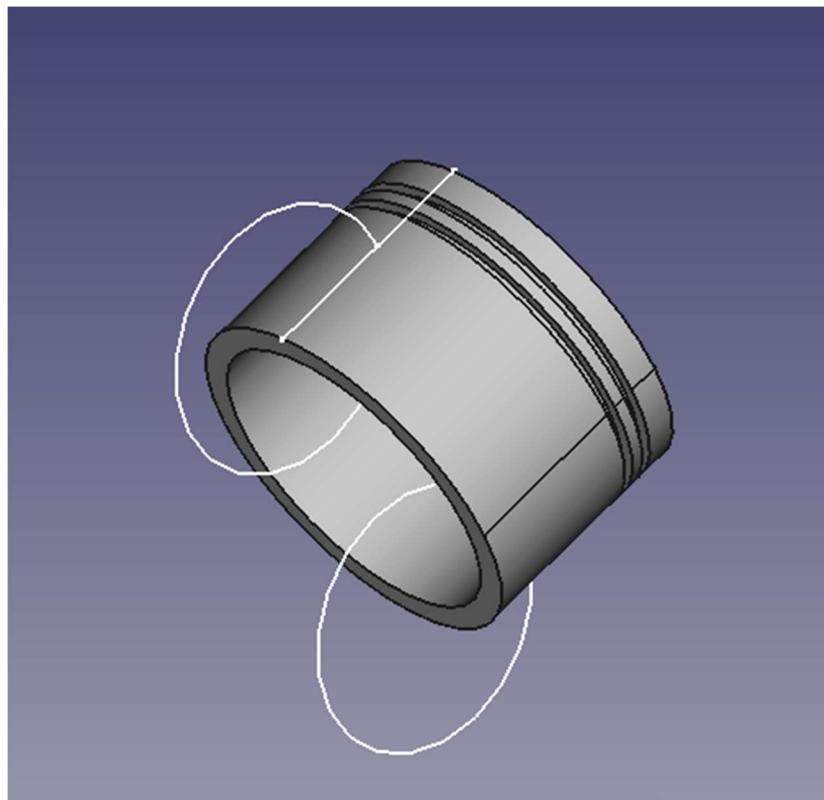


Debido a la simetría del pistón, clonaremos este dibujo respecto del eje transversal.

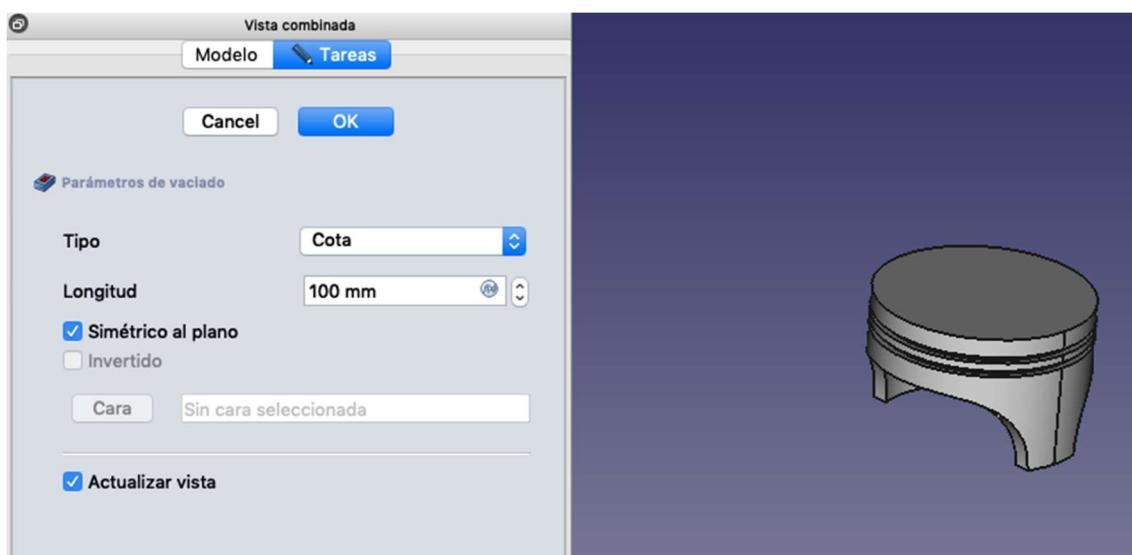
Seleccionamos el círculo y la línea del eje para aplicar la **herramienta de clonado** ().



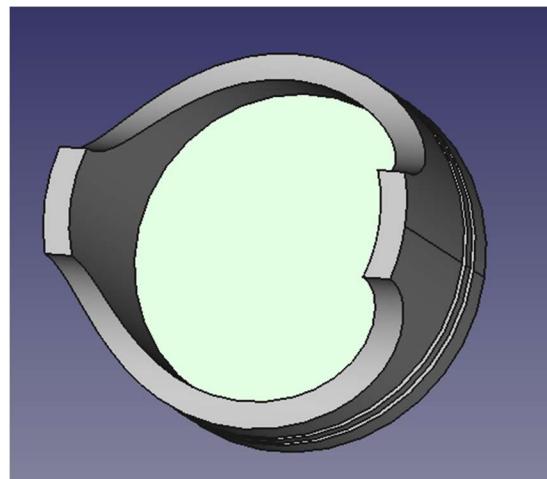
Cerramos el sketch y retomamos la vista normal.



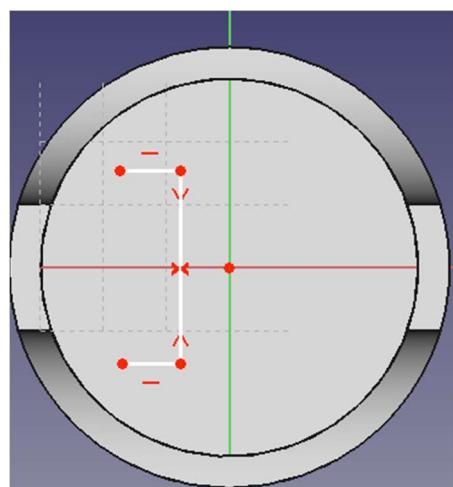
A continuación, creamos un hueco con la ayuda del sketch. Para ello seleccionamos el boceto y aplicamos la **operación vaciado** () con una longitud de 100 mm y simétrico al plano, obteniendo lo siguiente.



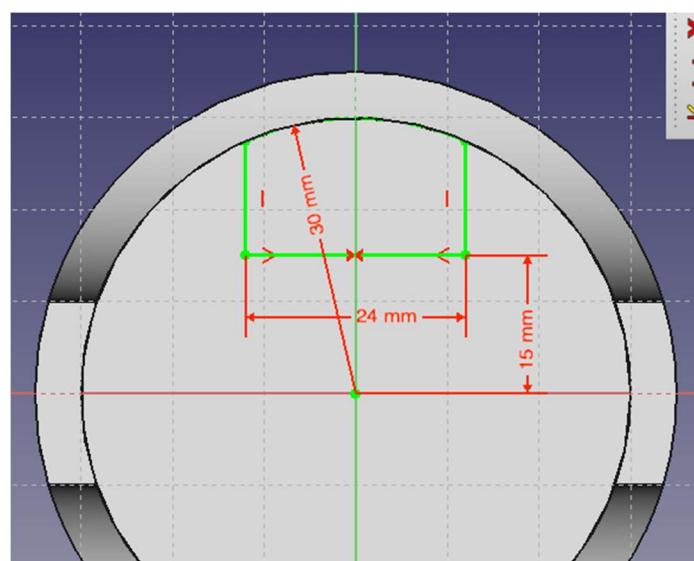
Tras esto, movemos la vista gráfica hasta la cara inferior del pistón. La seleccionamos e insertamos un nuevo croquis.



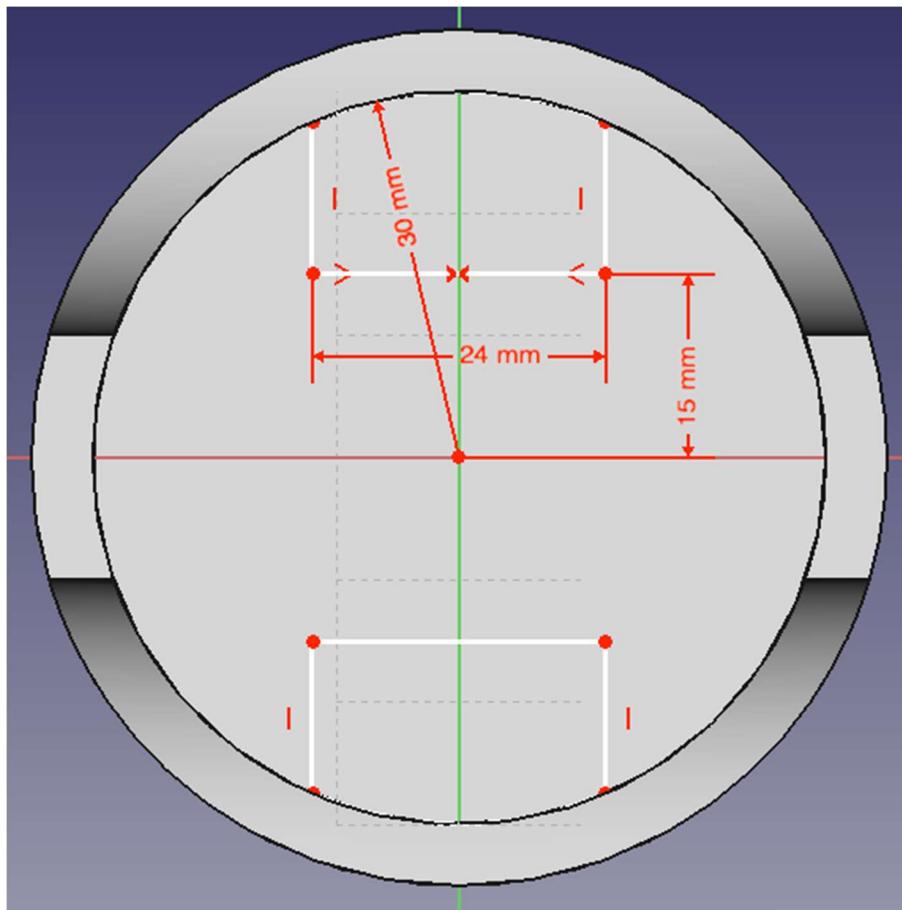
Dibujamos una polilínea y la distribuimos de forma simétrica al eje (✖).



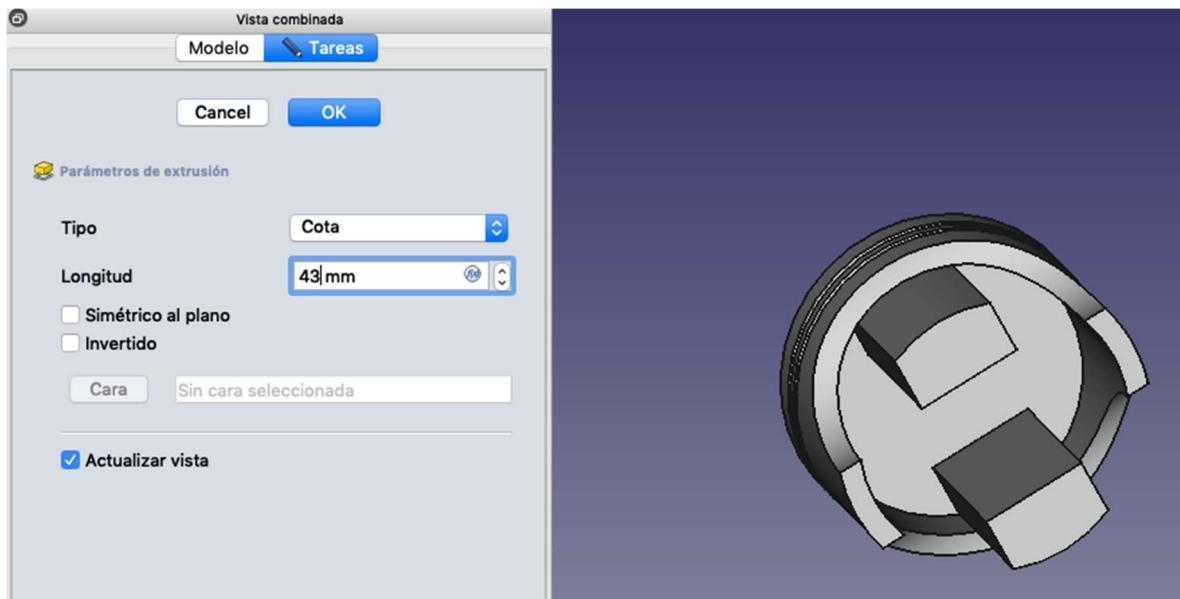
Continuamos dibujando un arco y acotando el diseño.



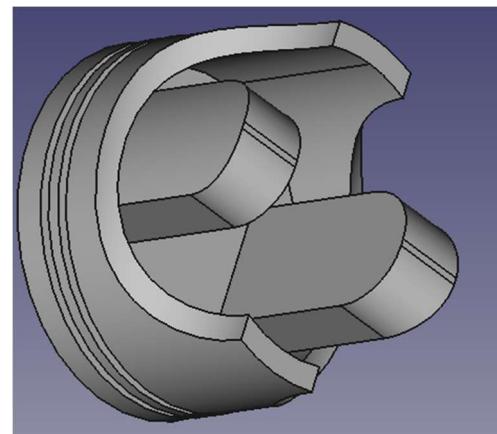
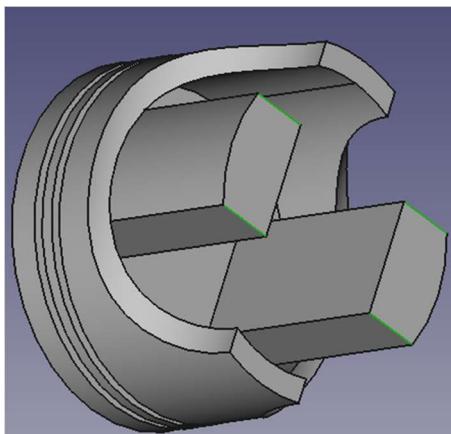
Clonamos el diseño (✖) respecto del eje horizontal del boceto.



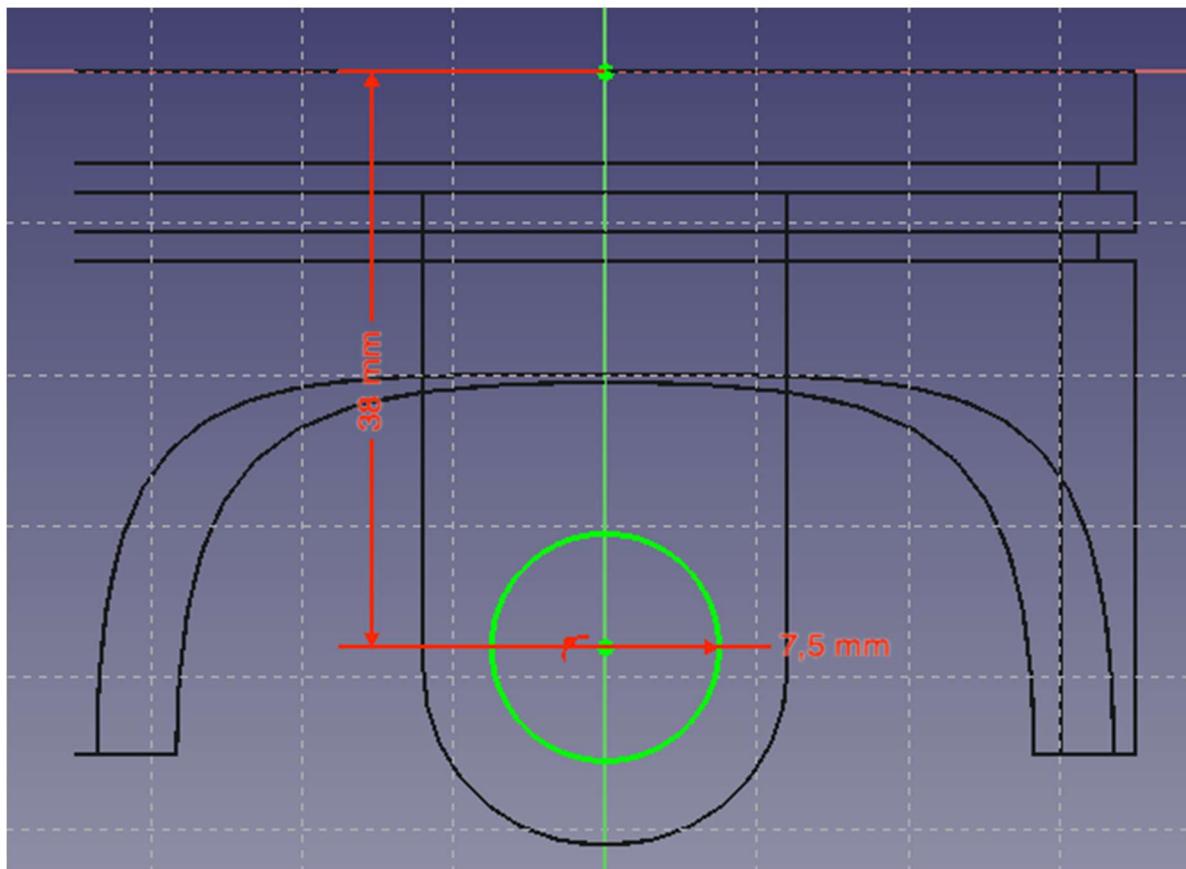
Extruimos () el boceto una longitud de 43 mm.



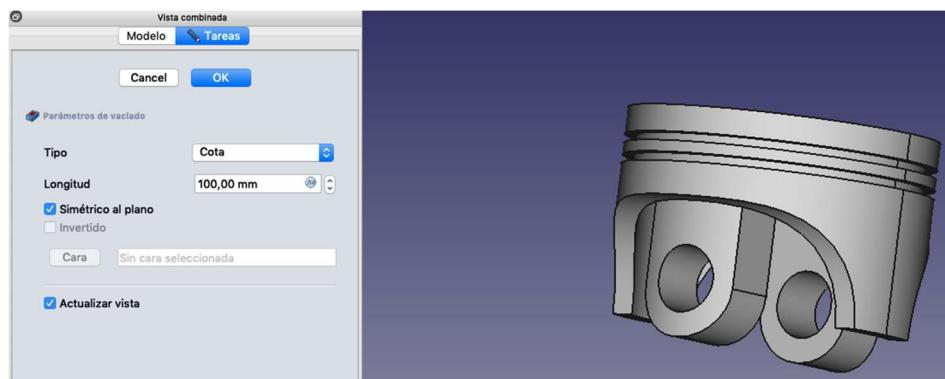
Aplicaremos un **redondeo** () a las aristas laterales. Para ello las seleccionamos como muestra la siguiente figura y le damos un radio de 11.5 mm.



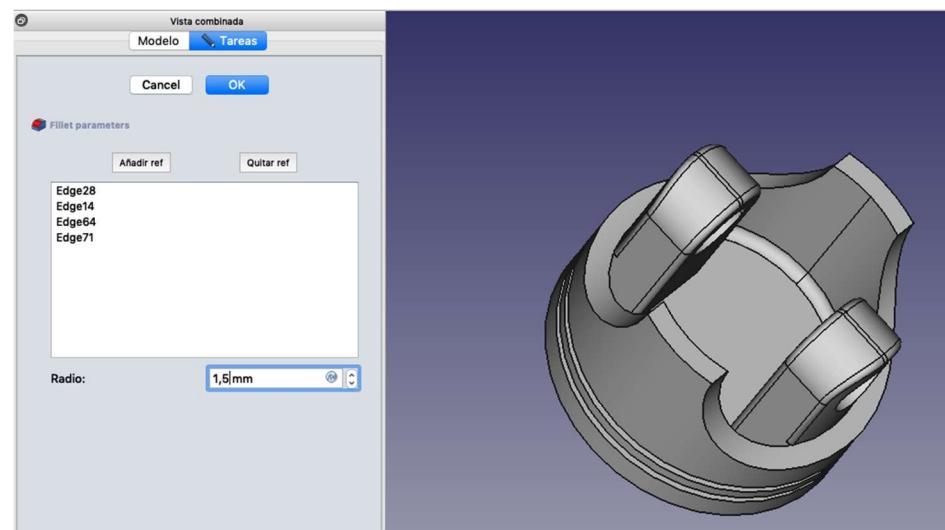
Procederemos a realizar los agujeros para el pasador de la biela. Para ello creamos un nuevo croquis, ahora en el plano XY. Dibujamos un círculo de diámetro 15 mm y restringimos el dibujo.



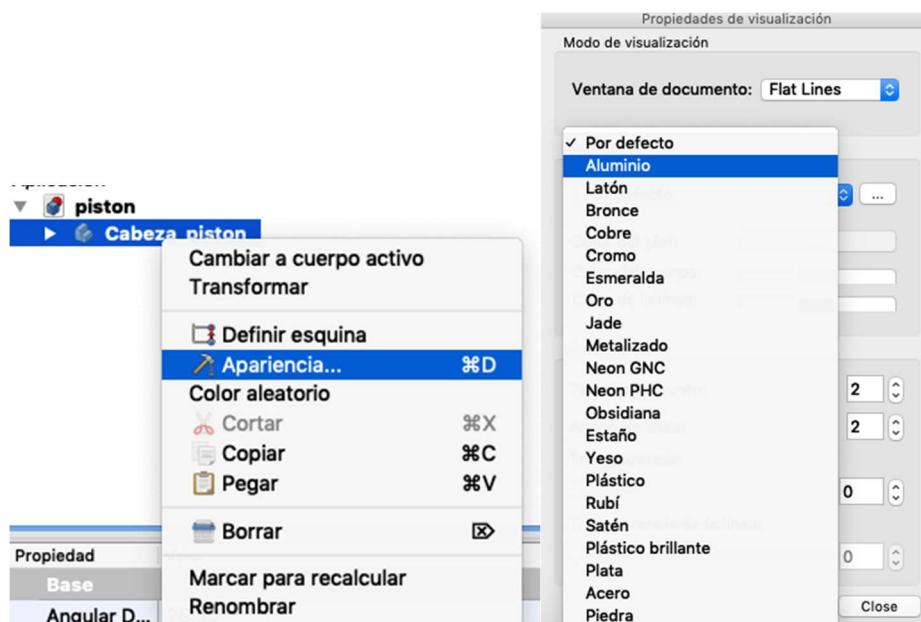
Cerramos el sketch y **realizamos un vaciado** empleando dicho boceto. Nuevamente le indicamos que sea **simétrico al plano** y con una longitud de 100 mm. Obtenremos lo siguiente.



Redondearemos algunos bordes para obtener este resultado:



Finalmente renombraremos el diseño y le cambiaremos la apariencia a aluminio.



Acabado final de la pieza.

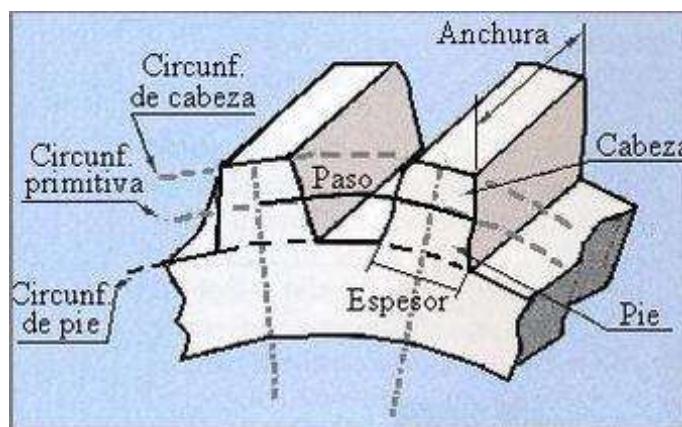


4.14. Diseño de engranajes mediante FreeCAD

Otra de las piezas mecánicas por excelencia son los engranajes. Por ello FreeCAD ofrece una herramienta paramétrica con la que poder diseñarlos.

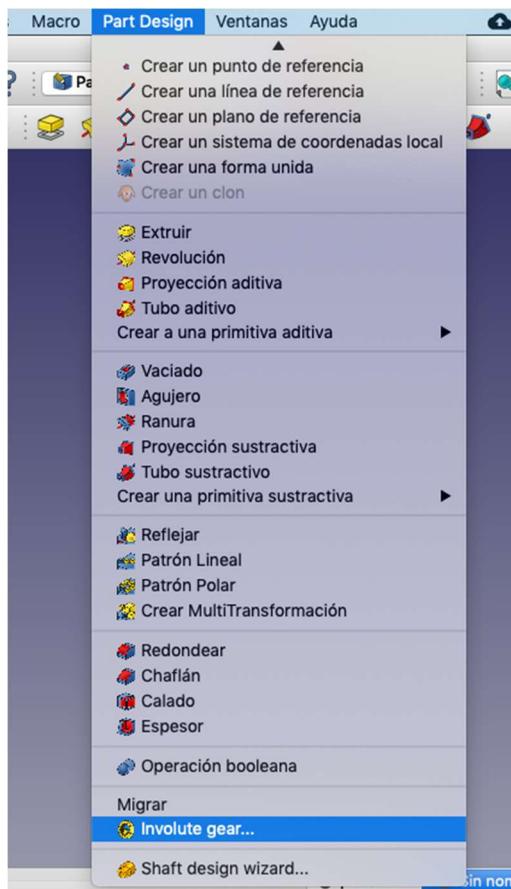
Para poder definir un engranaje debemos conocer los siguientes parámetros:

- Número de dientes
- Módulo: Relación entre el número de dientes y el diámetro del engranaje
- Ángulo de presión

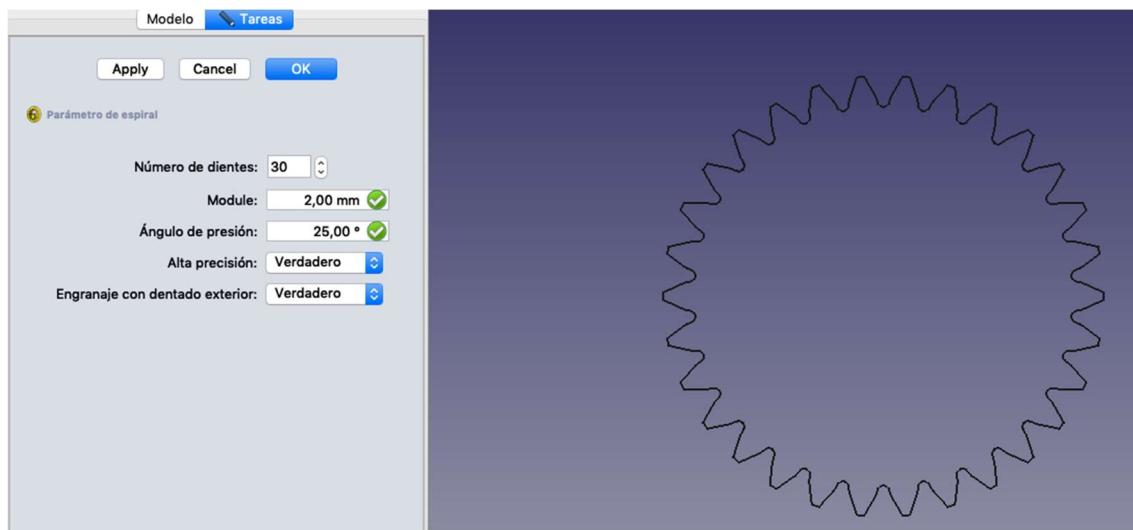


Vamos a crear un engranaje de 30 dientes con un módulo de 2 mm y un ángulo de presión de 25º.

Para ello en el entorno “**Part design**” nos dirigimos a la opción **Involute gear**.

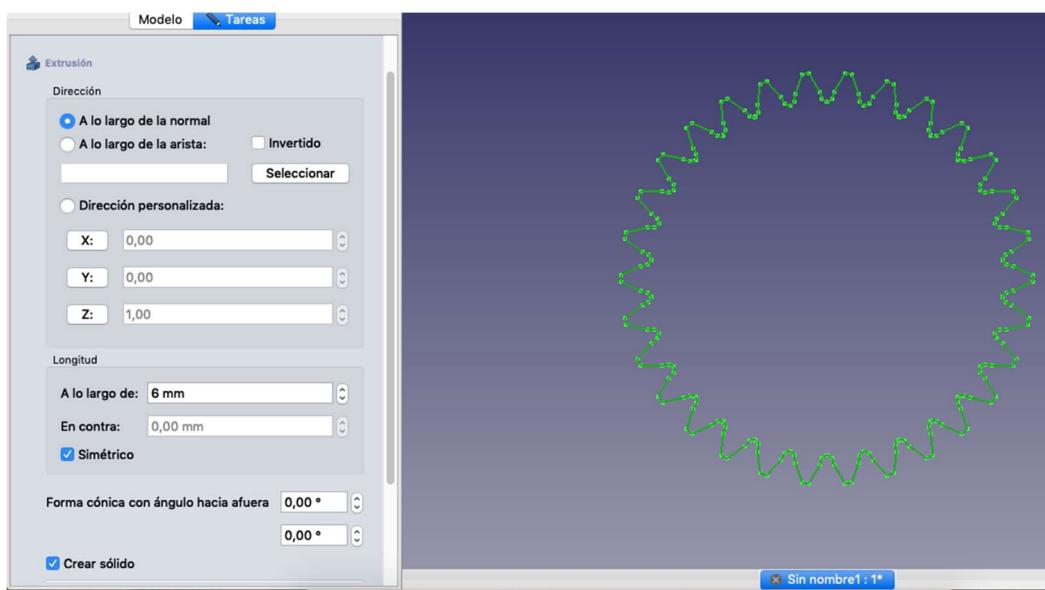


Rellenamos los parámetros del modelo.

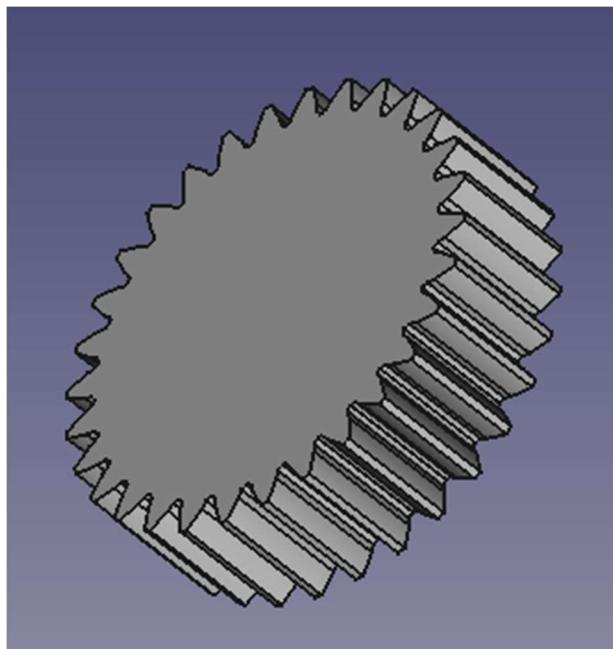


Aceptamos y procedemos a aplicar una extrusión de 6 mm de forma simétrica. Para ello cambiamos al entorno “Part” y seleccionamos **extruir el croquis seleccionado** ().

Marcamos una distancia de 6mm de forma simétrica y a lo largo de la normal.



Finalmente se obtiene lo siguiente.



4.15. Diseño de un tornillo en FreeCAD

Las roscas en el sistema métrico se encuentran reguladas por la norma DIN-13. Sus características principales se resumen en la siguiente imagen.

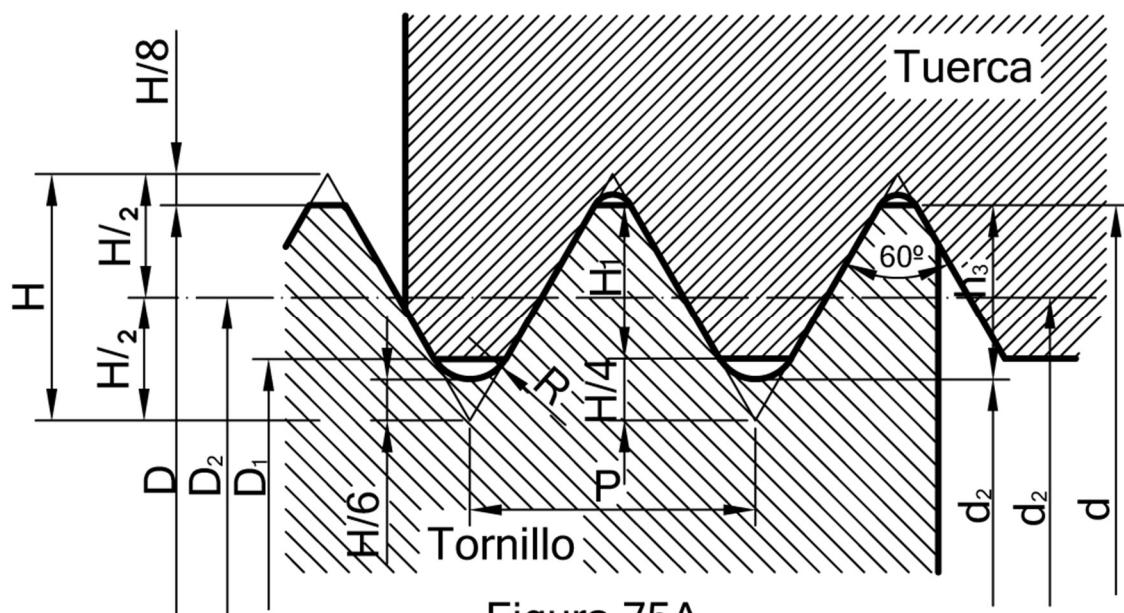


Figura 75A

Las relaciones a considerar para el diseño de una rosca estándar son las siguientes:

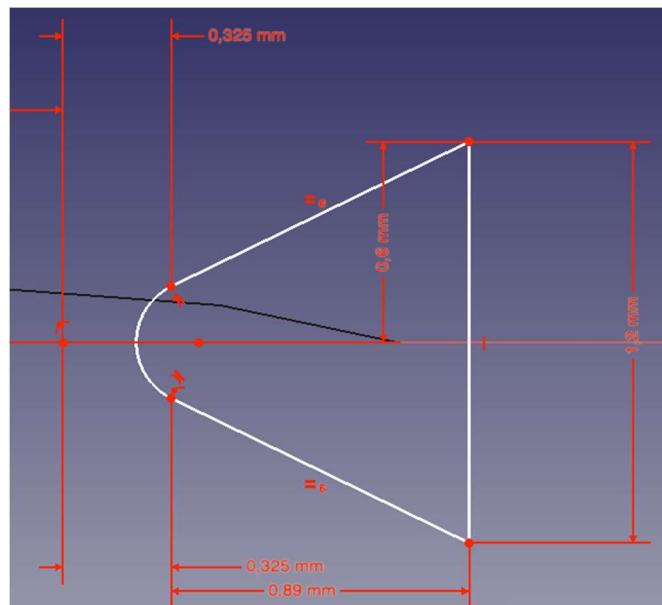
- *Paso: P*
- $D_1 = d - 2 H_1 = d - 1,083 \cdot P$
- *Diámetro medio: D₂ = d₂ = d - 0,649 · P*
- *Diámetro del núcleo: d₃ = d - 1,2269 · P*
- $H = 0,866 \cdot P$
- *Profundidad portante de la rosca: H₁ = 0,541 · P*
- *Profundidad de la rosca: h₃ = 0,613 · P*
- $R = \frac{H}{6} = 0,144 \cdot P$

La siguiente tabla describe estos valores para diferentes métricas:

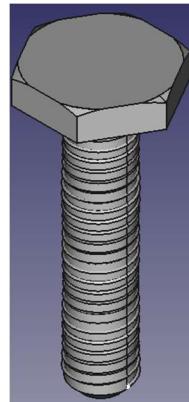
Rosca Métrica gruesa DIN ISO 13-1							Rosca Métrica Fina DIN ISO 13-2			
Diámetro nominal mm	Paso P (mm)	Diámetro núcleo (mm)		Profundidad de la rosca mm		O	Diámetro nominal (mm)	Diámetro núcleo (mm)		O
		Tornillo d_3	Tuerca D_1	Tornillo h_3	Tuerca H_4			Tornillo d_3	Tuerca D_1	
M1	0,25	0,693	0,729	0,153	0,135	0,75	M2x0,25	1,755	1,783	1,75
M1,2	0,25	0,893	0,929	0,153	0,135	0,95	M2,5x0,35	2,193	2,229	2,15
M1,6	0,35	1,170	1,221	0,215	0,189	1,25	M3x0,35	2,571	2,621	2,65
M2	0,4	1,509	1,567	0,245	0,217	1,6	M4x0,5	3,387	3,459	3,65
M2,5	0,45	1,948	2,130	0,276	0,244	2,1	M5x0,5	4,387	4,459	4,50
M3	0,5	2,387	2,459	0,307	0,271	2,5	M6x0,5	5,387	5,489	5,50
M4	0,7	3,141	3,242	0,429	0,379	3,3	M6x0,75	5,080	5,188	5,20
M5	0,8	4,019	4,134	0,491	0,433	4,2	M7x0,75	6,080	6,188	6,20
M6	1,00	4,773	4,917	0,613	0,541	5,00	M8x0,5	7,387	7,459	7,50
M8	1,25	6,466	6,647	0,767	0,677	6,8	M8x0,75	7,080	7,188	7,20
M10	1,50	8,160	8,376	0,920	0,812	8,5	M8x1,0	6,773	6,917	7,00
M12	1,75	9,853	10,106	1,074	0,947	10,2	M9x0,75	8,080	8,188	8,20
M16	2,00	13,546	13,835	1,227	1,083	14,0	M10x0,75	9,080	9,188	9,20
M20	2,50	16,933	17,294	1,534	1,353	17,5	M10x1,0	8,773	8,917	9,00
M24	3,00	20,319	20,752	1,840	1,624	21,0	M10x1,25	8,466	8,647	8,80
M30	3,50	25,706	26,211	2,147	1,894	26,5	M11x1,0	9,773	9,917	10,00

Como último ejercicio diseñaremos un tornillo de métrica 10 (M10) con un largo de 6 cm.

Calculamos todos los parámetros obteniendo la siguiente figura para la rosca:



El aspecto final a obtener es el siguiente:

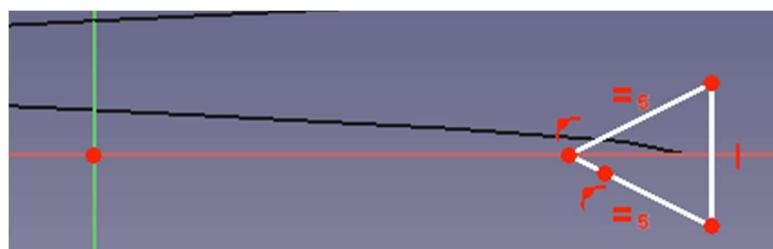


Seleccionaremos el entorno de trabajo “**Part**” y seleccionaremos la creación de **figuras paramétricas geométricas** (). Seleccionaremos **hélice** y ajustaremos el radio y la altura, en nuestro caso serán 60 mm de altura, 5 mm de radio y un paso de hélice de 1,50 mm.

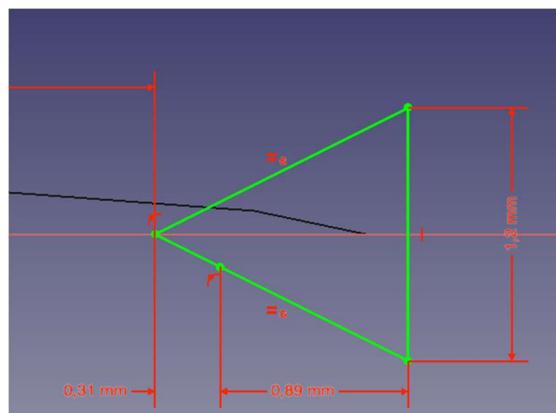


Continuaremos diseñando la forma de la rosca. Para ello, cambiamos el entorno de trabajo a “**Part design**” y creamos un nuevo croquis en el plano XZ.

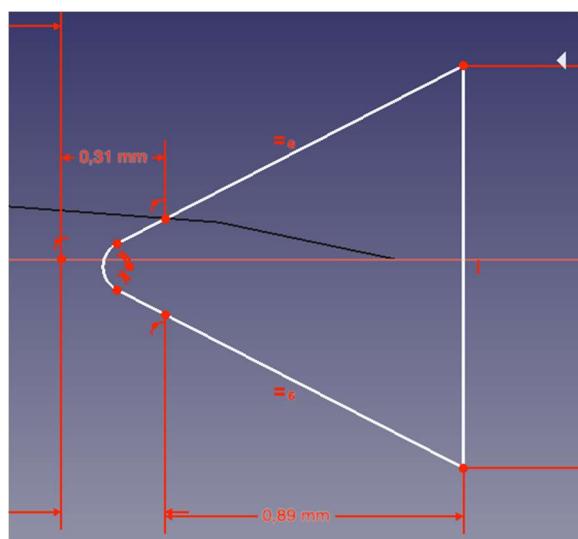
Dibujamos un triángulo empleando la **herramienta polilínea**.



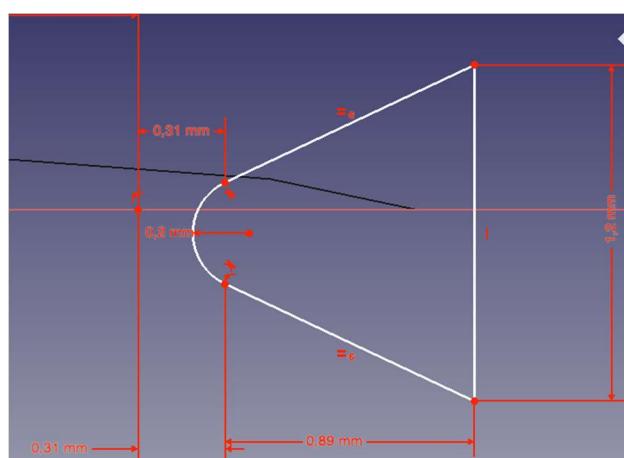
Lo acotamos con una distancia al centro de la hélice de 4 mm y un punto en cada lado a 0,31 mm del vértice.



Añadimos un **fillet** (red circle icon) en la punta quedando como se muestra en la figura.

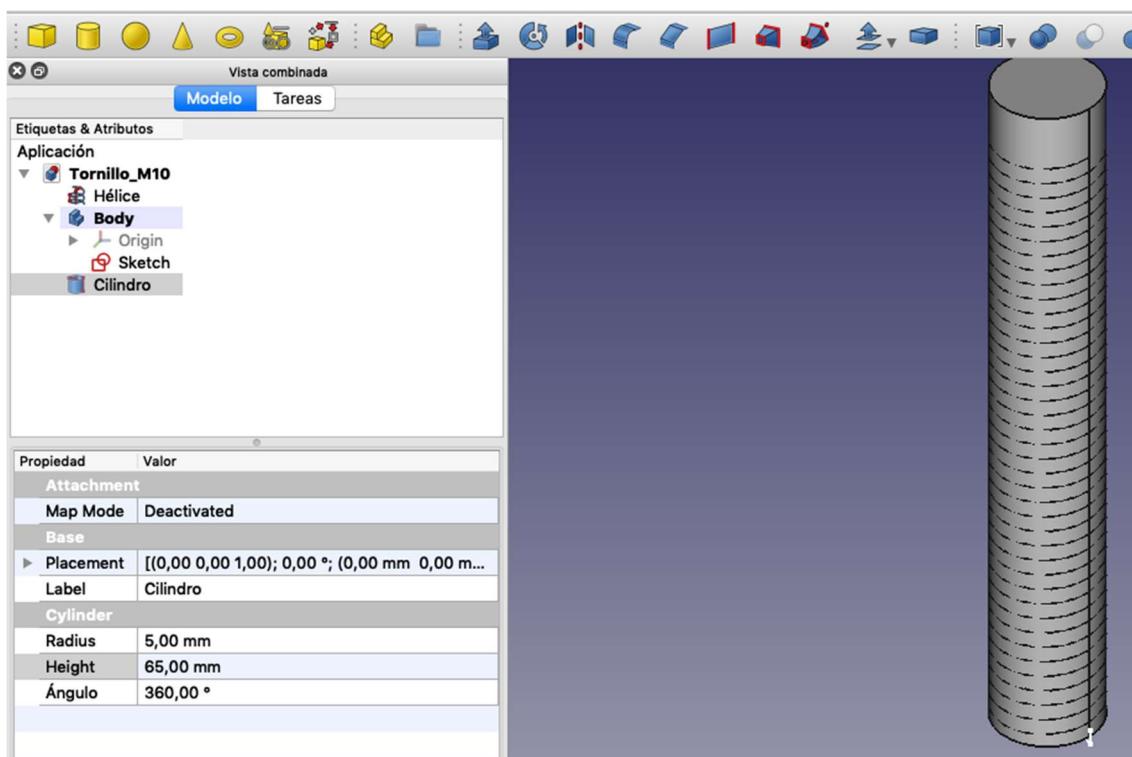


Aplicamos una **restricción de coincidencia** con los puntos del redondeo y los puntos situados a 0,31 mm. Posteriormente le aplicamos un radio de 0,2 mm.



Si se nos ha descentrado el diseño, lo centramos en el eje y finalizamos el boceto.

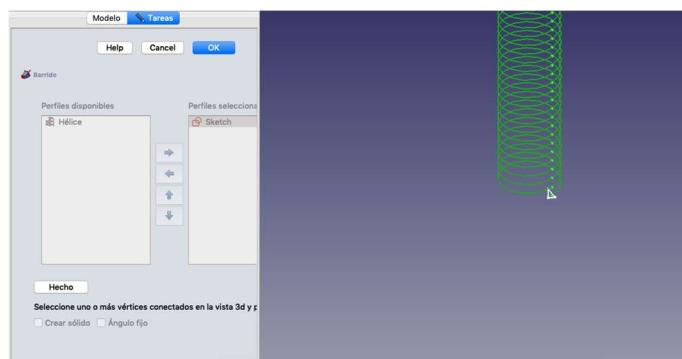
Creamos un **cilindro** de diámetro 10 mm y lo insertamos centrado con respecto a la hélice. Le damos de altura 65 mm.



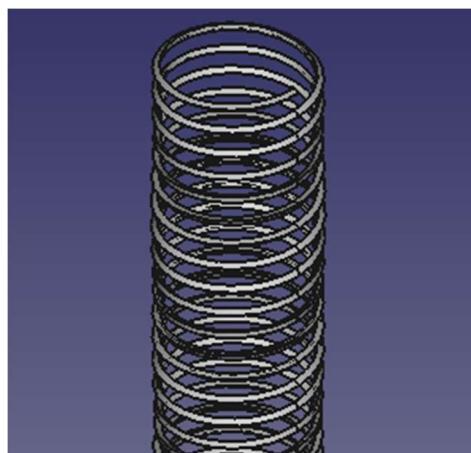
Volvemos al entorno “Part” y seleccionamos la **herramienta de barrido** () para hacer mover este sketch por toda la hélice. Para ello en la pestaña lateral añadiremos el sketch correspondiente como se muestra a continuación.



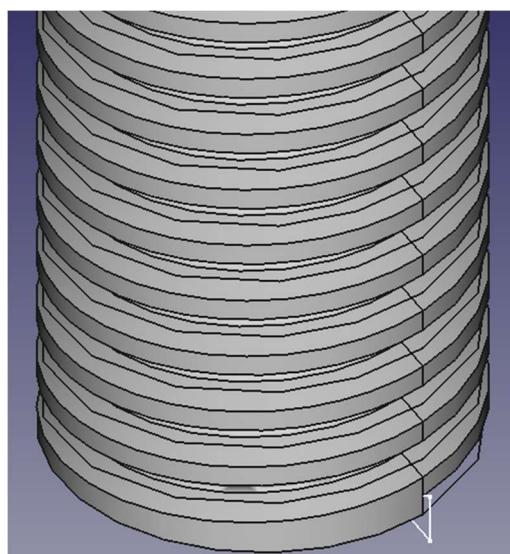
Y procederemos a **seleccionar una trayectoria de barrido** y clicar en la hélice dibujada como se muestra en la siguiente imagen. Seleccionamos **crear sólido y ángulo fijo**.



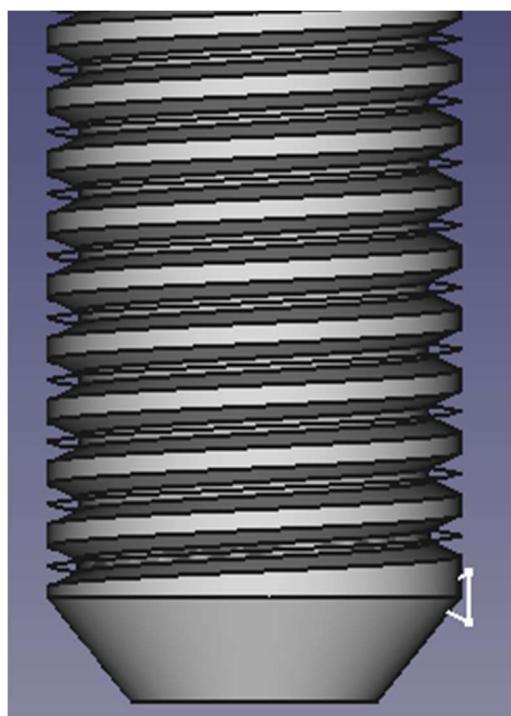
Aceptaremos y habremos obtenido la rosca del tornillo.



Realizaremos la diferencia entre la rosca y el cilindro para obtener el cuerpo del tornillo
Para ello, primero seleccionamos el cilindro, luego la rosca y empleamos la herramienta
cut (切除). Obteniendo lo siguiente:



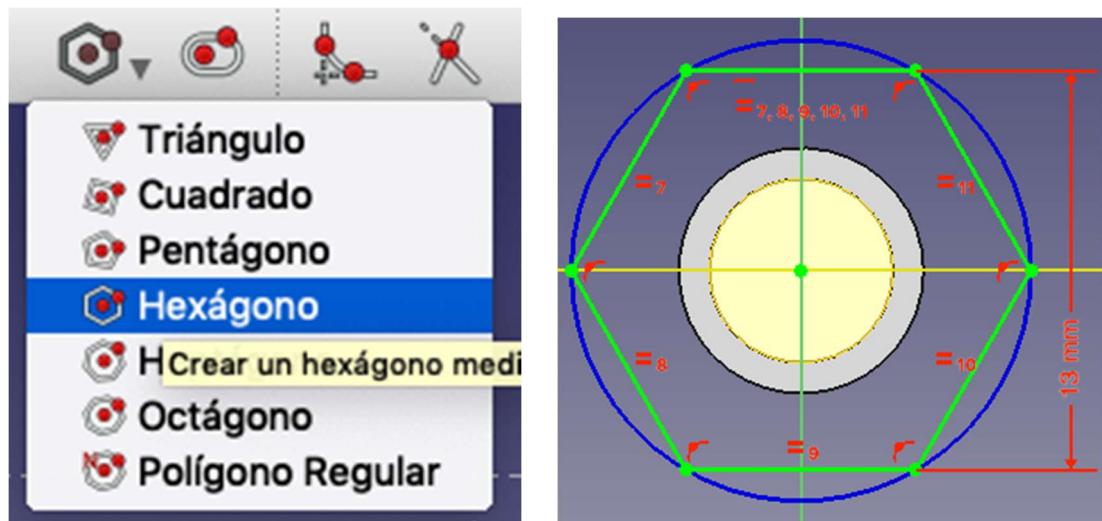
Insertamos un cono en la parte inferior con radios de 5 y 3 mm y una altura de 2,5 mm.
Lo situaremos en la punta del tornillo (altura en Z = -2.5) para obtener el siguiente
resultado.



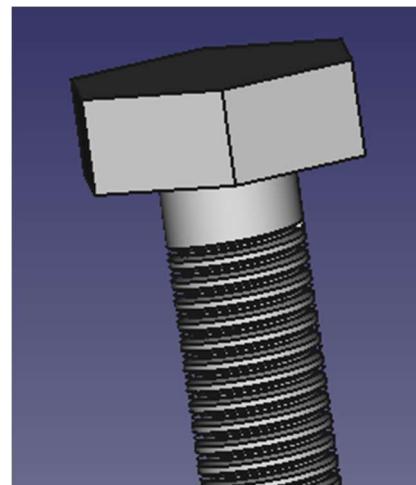
Uniremos todos los objetos para crear una sola pieza. Para ello seleccionamos todos los elementos y clicamos en la **herramienta unión** ().

Pasamos al entorno “**Part design**” para seleccionar la cara superior del tornillo e insertar un sketch.

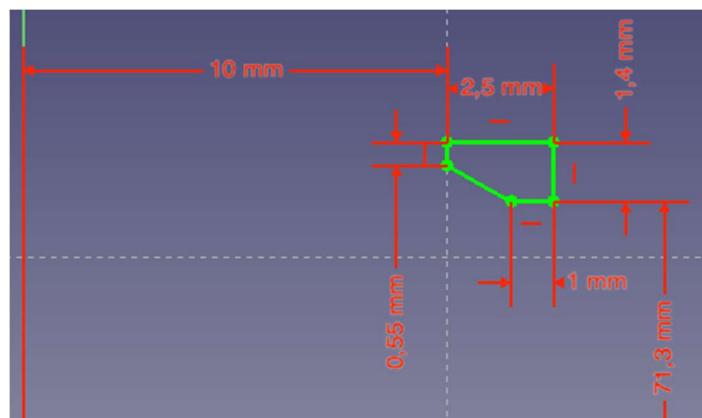
Dibujamos un **hexágono** y le damos el tamaño adecuado para una llave de 17 mm.



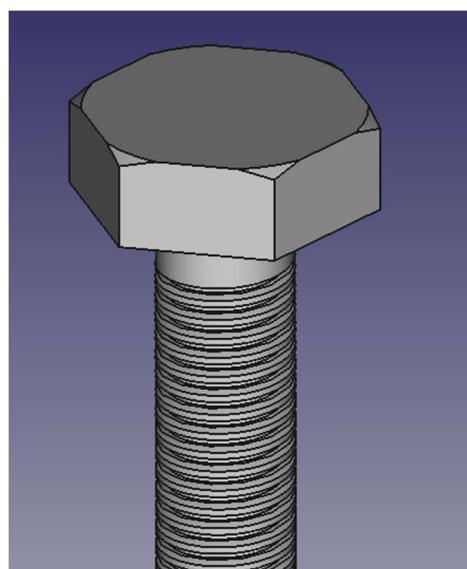
Finalmente realizamos la extrusión () con una altura de 7 mm.



Para finalizar y con el objetivo de mejorar el aspecto de la cabeza de 17 mm, insertaremos un **nuevo sketch** en el **plano XZ**.



Emplearemos este croquis para generar una **ranura mediante revolución** (☞) a lo largo del eje vertical, de modo que finalmente el tornillo obtenido es.



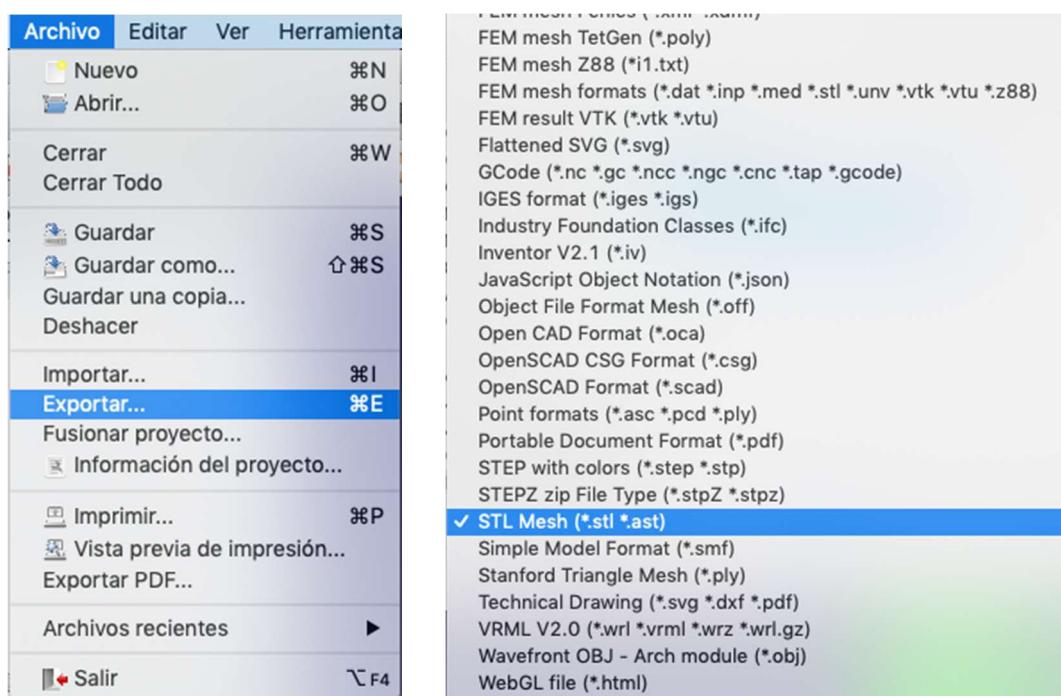
4.16. Exportación de los archivos a formatos portables (.STL)

Para poder obtener un diseño 3D fácilmente reproducible mediante impresoras 3D u otro tipos de procesos de fabricación y mecanizado exportaremos el diseño a **.STL** (*Standard Triangle Language*).

Este formato define la geometría de los objetos 3D, incluyendo sus dimensiones, pero excluyendo propiedades como el color o el material de diseño.

Existen otros formatos similares como el **.OBJ** aunque el más extendido es el empleado durante este curso.

Para proceder a la exportación en FreeCAD, basta con dirigirnos hasta la pestaña **“Archivos”** y clicar en **“Exportar...”**



Seleccionaremos el formato **“.STL Mesh”** dentro del desplegable y lo guardaremos con el nombre deseado.

Podemos observar una previsualización 3D del archivo, corroborando que se ha exportado correctamente la geometría de la pieza.



Tornillo.stl
234 KB