

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1.- DISEÑO DE PIEZAS CON SOLIDWORKS	3
DISEÑO DE PIEZAS PARA UN TERMOCICLADOR.....	3
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
2. CREACIÓN DE LAS PIEZAS POR SEPARADO.....	4
3. ENSAMBLAJES.....	20
ANEXO 2.- CREAR SIMULACIONES CON ANSYS	23
DESARROLLO SIMULACIONES PROCESO TÉRMICO DE UN TERMOCICLADOR.....	23
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	23
2. CONFIGURACIÓN DE LA SIMULACIÓN	24
2.1. INTRODUCIR GEOMETRÍA.....	24
2.2. MODELADO SIMULACIÓN.....	25
2.3. RESULTADOS.....	31
ANEXO 3. – RESULTADOS SIMULACIONES BLOQUE PORTAMUESTRAS.....	32
OPTIMIZACIÓN 1: ELIMINAR MATERIAL EN ALTURA	32
RESULTADOS SIMULACIÓN	32
IMAGENES	34
OPTIMIZACIÓN 2: VARIACIÓN PROFUNDIDAD TALADRADO	39
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 9MM	39
TABLA.....	40
RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 9MM.....	41
TABLA.....	42
GRÁFICAS.....	42
RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE.. PIEZA MECANIZADO 7MM.....	45
RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 7MM.....	47
OPTIMIZACIÓN 3: VARIACIÓN ALTURA DE LA PIEZA.....	52
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 9MM	52
RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 9MM	54
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 7MM.....	58
RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 7MM	60
OPTIMIZACIÓN 4: DISPOSICIÓN CILINDRICA	64
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE.....	64
RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 7MM	66
ANEXO 4.- LISTA DE MATERIALES PUESTO DE PRÁCTICAS.....	70
ANEXO 5.- PLANO MECANIZADO ESTRUCTURA	71

ANEXO 1.- DISEÑO DE PIEZAS CON SOLIDWORKS

DISEÑO DE PIEZAS PARA UN TERMOCICLADOR

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La primera fase para el cálculo de cargas térmicas en un termociclador parte de la definición geométrica de las piezas que conforman el equipo térmico. Si se pretende analizar las posibles mejoras que poder implantar en estos equipos debemos ser capaces de diseñar el bloque portamuestras de forma intuitiva y eficientemente para realizar los cambios que se consideren necesarios con agilidad. El bloque portamuestras es la parte más importante del análisis térmico de un termociclador, pero para analizar correctamente el proceso deberemos diseñar los tubos que contienen la muestra, pues es la muestra lo que determina si el proceso térmico se realiza correctamente.

El objetivo de esta práctica es diseñar la muestra, el tubo que la contiene y el bloque que las calienta o enfría. Para ello se va a emplear SolidWorks. Crearemos los tres componentes individualmente y después se realizará el ensamblaje de estos (**figura 1.1**).

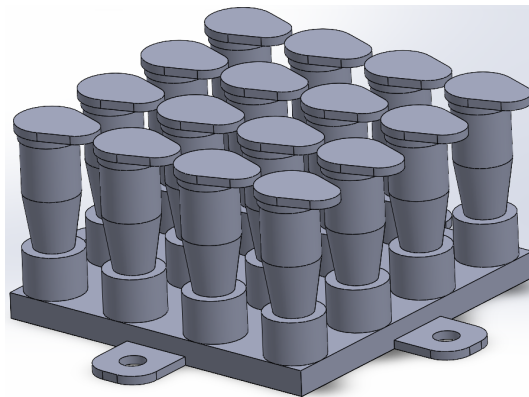


Figura 1.1. Ensamblaje final componentes térmicos de un termociclador

2. CREACIÓN DE LAS PIEZAS POR SEPARADO

2.1. TUBO PVC 0.2ML

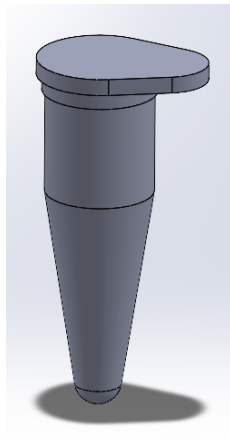
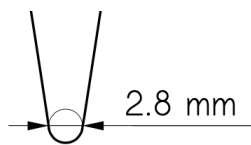


Figura 2.1.1. Diseño tubo final con SolidWorks

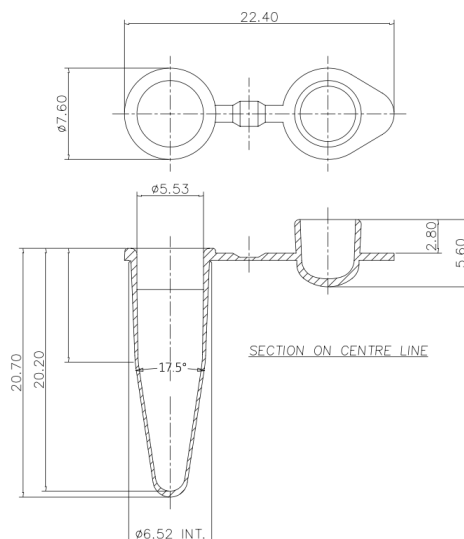
Comenzamos creando el tubo que contendrá la muestra (**figura 2.1.1**). Para ello empleamos como partida un tubo comercial, ya que estos están normalizados para poder emplearse en los diversos equipos de análisis biológico que se emplean en el mercado.

Las medidas del tubo se pueden observar en la **figura 2.1.2** la cual corresponde a un tubo Eppendorf de 0.2ml, diseñado para equipos PCR.



2:1

Eppendorf PCR Tube 0.2 ml



AB-0337

Figura 2.1.2. Plano tubo Eppendorf 0.2ml para PCR, GaudiLabs

Abrimos SolidWorks y nos aparece una pestaña de bienvenida en la cual se nos permite crear un nuevo dibujo, pieza o ensamblaje. Seleccionamos la opción de **crear nueva pieza**.

Nos aparece el ambiente de trabajo para la creación de piezas. A la izquierda nos aparece el árbol de operaciones (**figura 2.1.3**). En dicho árbol aparecen inicialmente los planos principales. Conforme vayamos realizando operaciones, estas quedarán reflejadas en dicho árbol. Es muy importante destacar que las operaciones tienen una importancia jerárquica, es decir, el orden en el que las realicemos es muy importante a la hora de variar nuestras piezas.

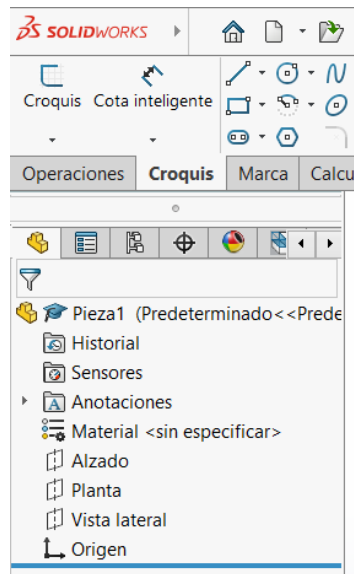


Figura 2.1.3. Árbol de operaciones SolidWorks

Vamos a comenzar la creación de la muestra. Para ello seleccionamos uno de los planos de referencia. En nuestro caso vamos a seleccionar el **alzado**. Al hacer clic sobre el plano nos aparece una barra de operaciones (**figura 2.1.4**). Vamos a seleccionar la operación **croquis** la cual nos va a permitir crear el perfil del tubo.

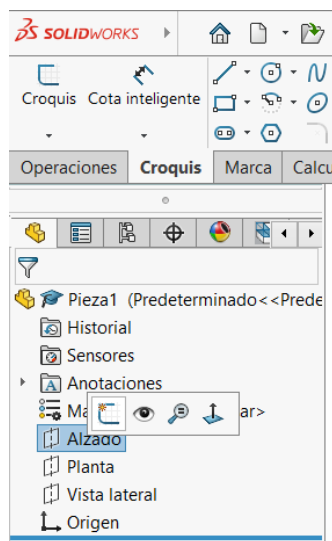


Figura 2.1.4. Crear croquis sobre plano Alzado

Una vez seleccionado nos aparece marcado el plano Alzado y el origen de coordenadas de trabajo en su centro (**figura 2.1.5**).

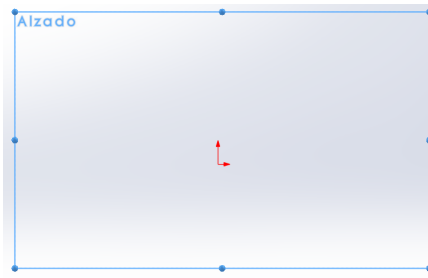


Figura 2.1.5. Ambiente de trabajo elaboración croquis

En el menú superior vamos a seleccionar dentro de **Croquis>Línea** con la que vamos a empezar a crear el perfil del tubo con todas las componentes geométricas (la circunferencia la realizamos con **Croquis>Arco**) que lo conforman sin tener en cuenta el tamaño de estos, pero que se aprecie la forma. Una vez creado el perfil le introducimos las dimensiones (**Croquis>Cota inteligente**) como puede verse en la **figura 2.1.6**.

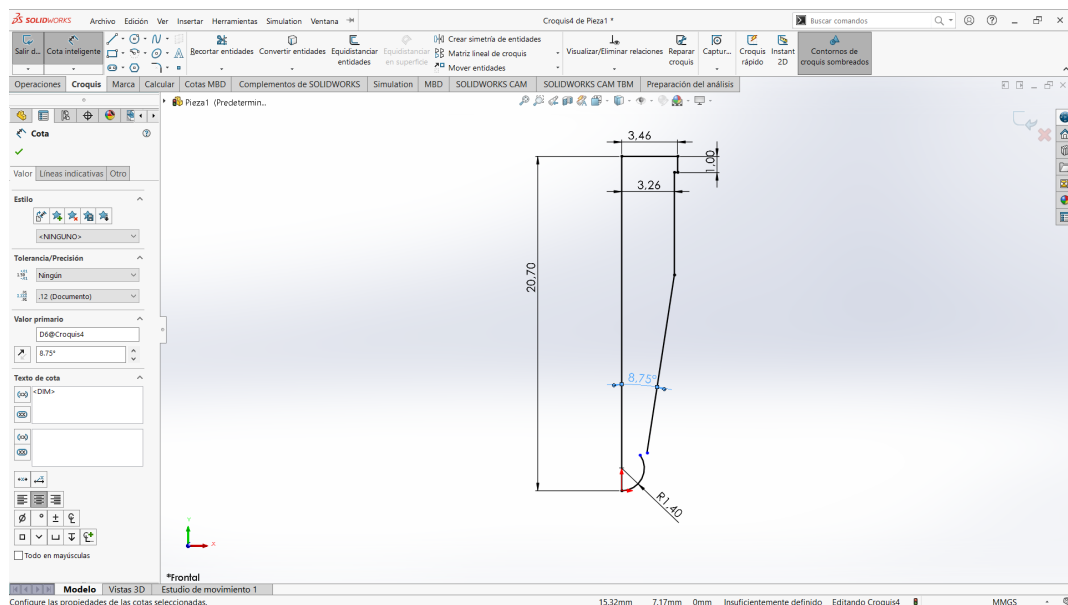


Figura 2.1.6. Perfil exterior tubo acotado

Nos falta cerrar el perfil. Para ello presionamos control y seleccionamos el arco y la línea que queremos unir y a la izquierda nos aparecen las propiedades de ambas identidades. Añadimos la condición de tangencia y, para finalizar empleamos la herramienta **Croquis>Recortar entidades** y **Croquis>Alargar entidades** para cerrar el perfil (**figura 2.1.7**).

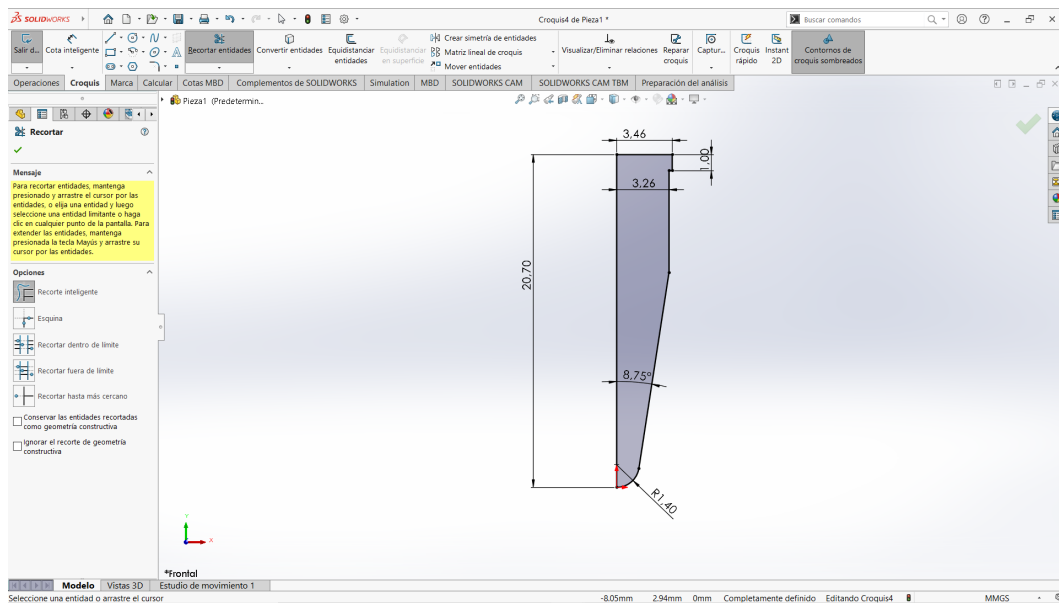


Figura 2.1.7. Perfil exterior del tubo cerrado

Una vez tenemos el perfil exterior del tubo, vamos a definir el perfil interior, ya que este va a ser hueco. Para ello volvemos a dibujar los componentes que lo definen y después los dimensionamos. La recta de inclinación $8,75^\circ$ puede definirse mediante la condición de paralelismo con respecto a la ya definida, o repetir la cota. Una vez hecho el perfil interior debemos borrar el eje y ajustar la línea superior del tubo para que quede solo el perfil final. Al borrar entidades a las que se les haya asignado alguna cota tendremos que volver a definir las.

El perfil final debe quedar como se observa en la **figura 2.1.8**.

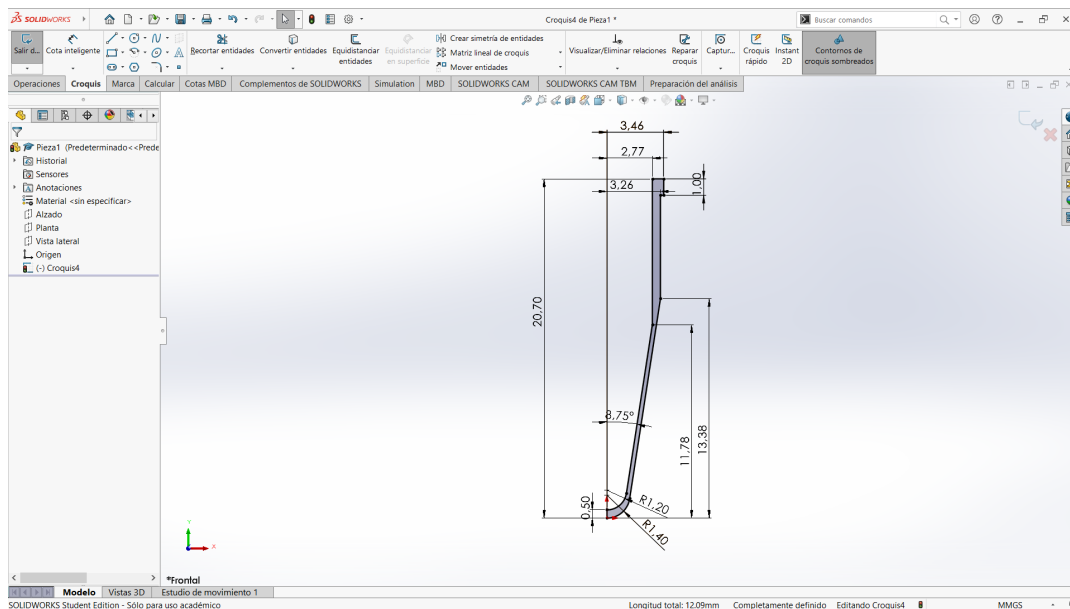


Figura 2.1.8. Perfil revolución tubo terminado

Una vez definido el perfil salimos de la edición del croquis (**Croquis>Salir del croquis**). Ahora vamos a revolucionar dicho perfil. Para ello vamos a **Operaciones>Revolución de saliente/base** y definimos el eje de revolución y el área que queremos revolucionar (**figura 2.1.9**).

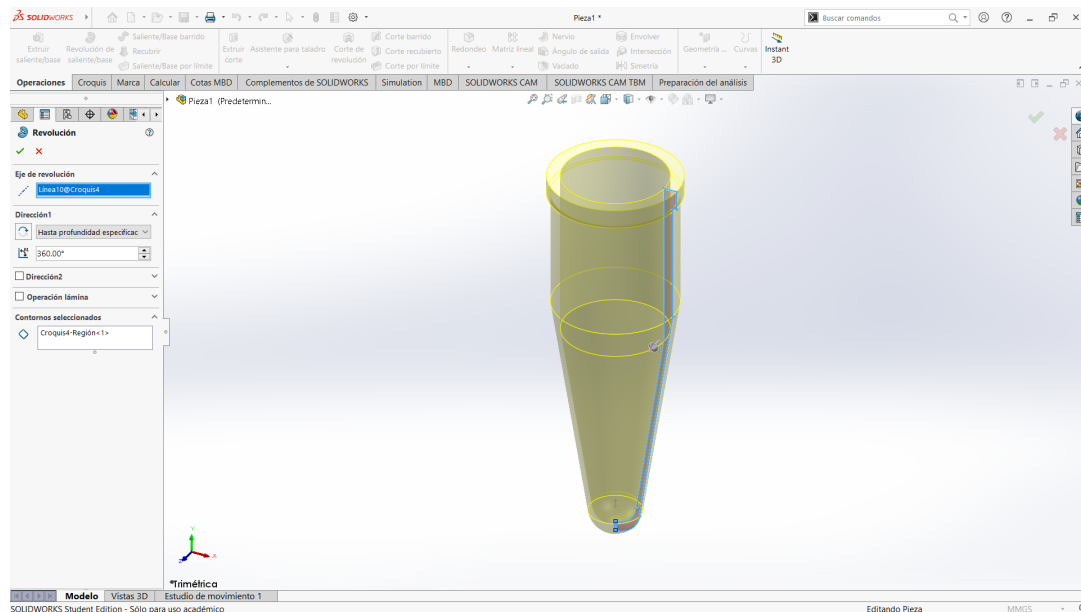


Figura 2.1.9. Revolución perfil del tubo

Para finalizar vamos a crear una tapa simple para el tubo. Seleccionamos la cara superior del tubo (**figura 2.1.10**) y nos vuelve a aparecer un menú, seleccionamos la herramienta **Croquis** y volvemos al ambiente de edición. Esta vez el plano de partida es la superficie superior del tubo que hemos seleccionado.

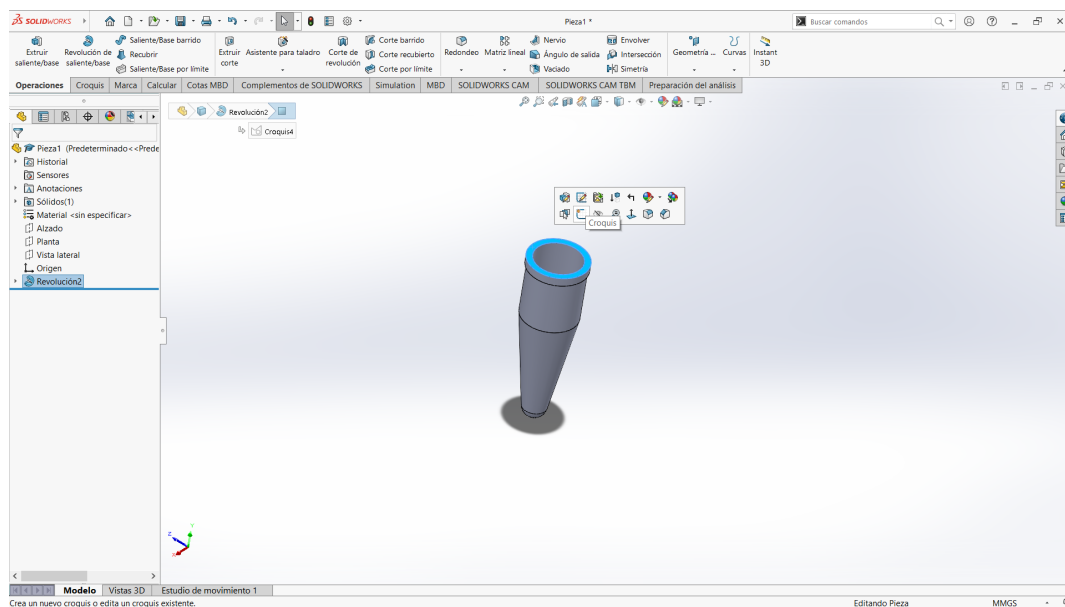


Figura 2.1.10. Plano de trabajo para crear croquis de la tapa

Se dibujan dos círculos y dos rectas. Se definen las dimensiones de los círculos y la distancia entre centros como se muestra en la **figura 2.1.11**. Las rectas se definen como tangentes a ambos círculos.

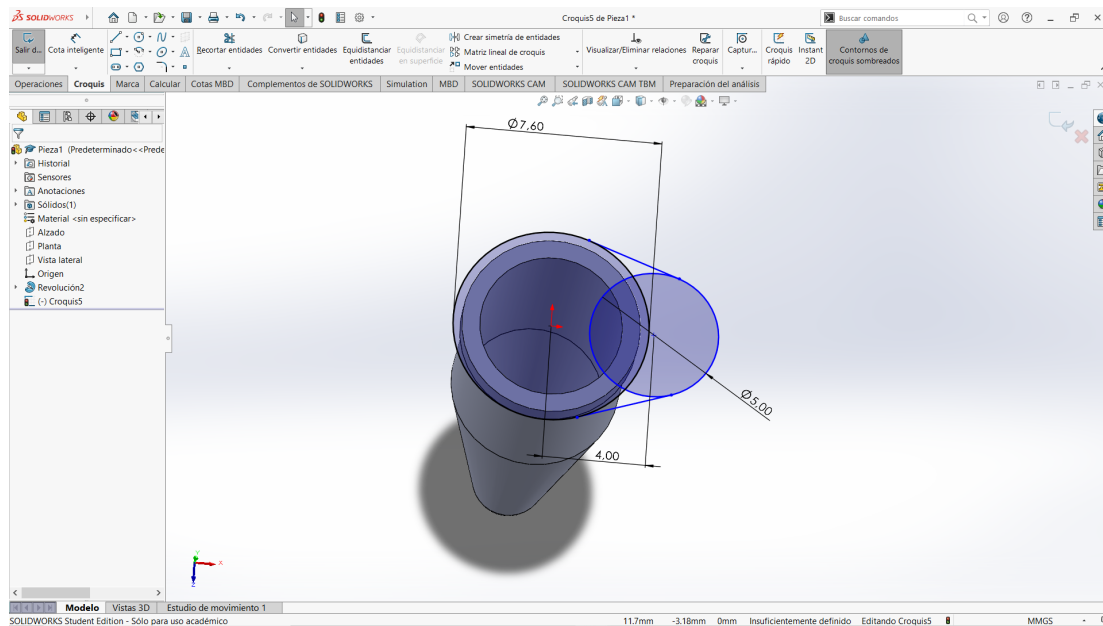


Figura 2.1.11. Croquis finalizado tapa

Salimos de la edición del croquis y vamos a **Operaciones>Extruir saliente/base** seleccionamos las áreas que conforman la tapa y definimos la altura de extrusión (**figura 2.1.12**).

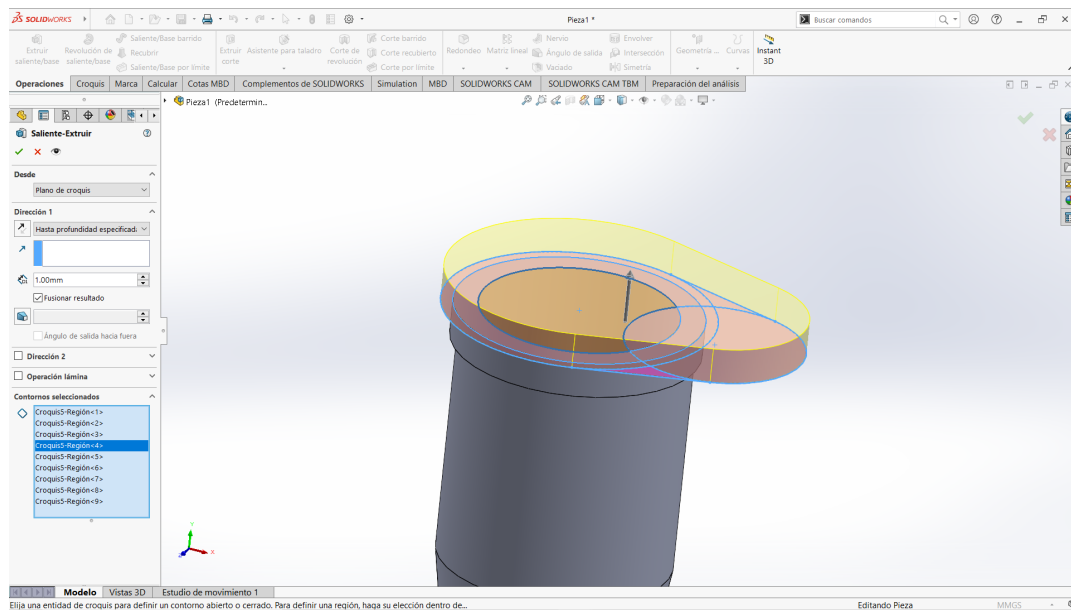


Figura 2.1.12. Extrusión 1mm altura de la tapa del tubo

Ya hemos terminado de diseñar un tubo simple para PCR.

2.2. MUESTRA

Vamos a crear la pieza que representa a la muestra que introduciremos dentro del tubo (**figura 2.2.1**).

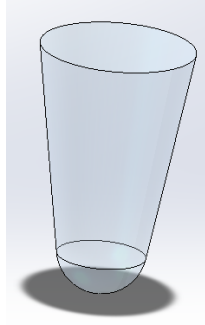


Figura 2.2.1. Pieza muestra finalizada

El proceso es mucho más sencillo y comienza igual que el del tubo PCR. Seleccionamos el plano Alzado y comenzamos haciendo el croquis. Se define el perfil de la muestra (**figura 2.2.2**).

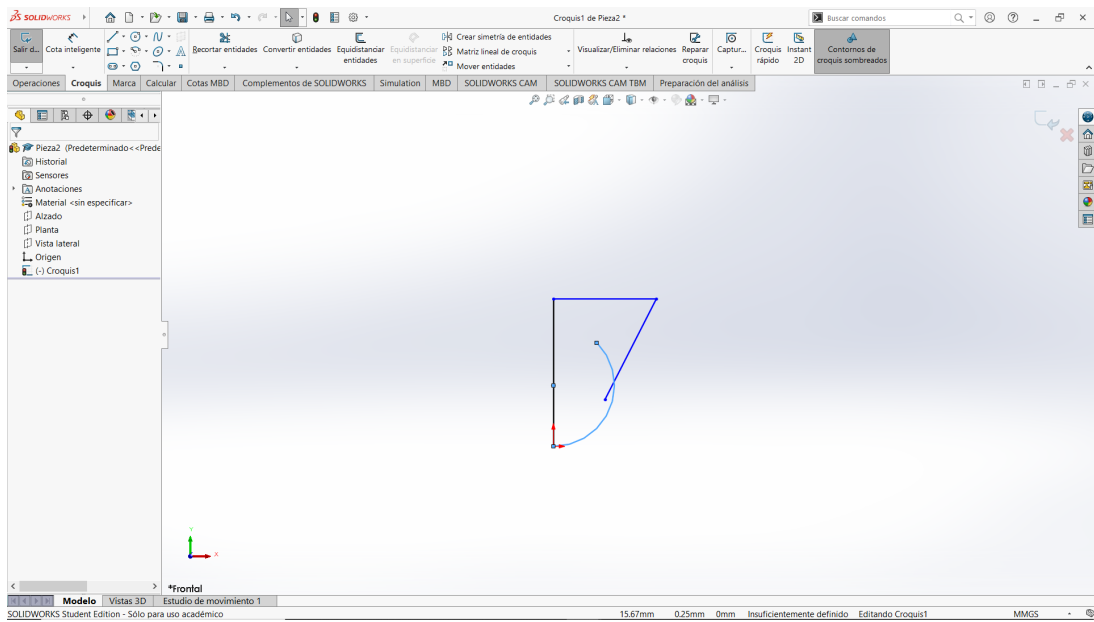


Figura 2.2.2. Perfil muestra sin dimensiones

Una vez definido introducimos las dimensiones que la definen. Se ha considerado que la muestra que se suele introducir ronda los 50 μ l, por tanto las dimensiones que se han escogido son las siguientes (**figura 2.2.3**).

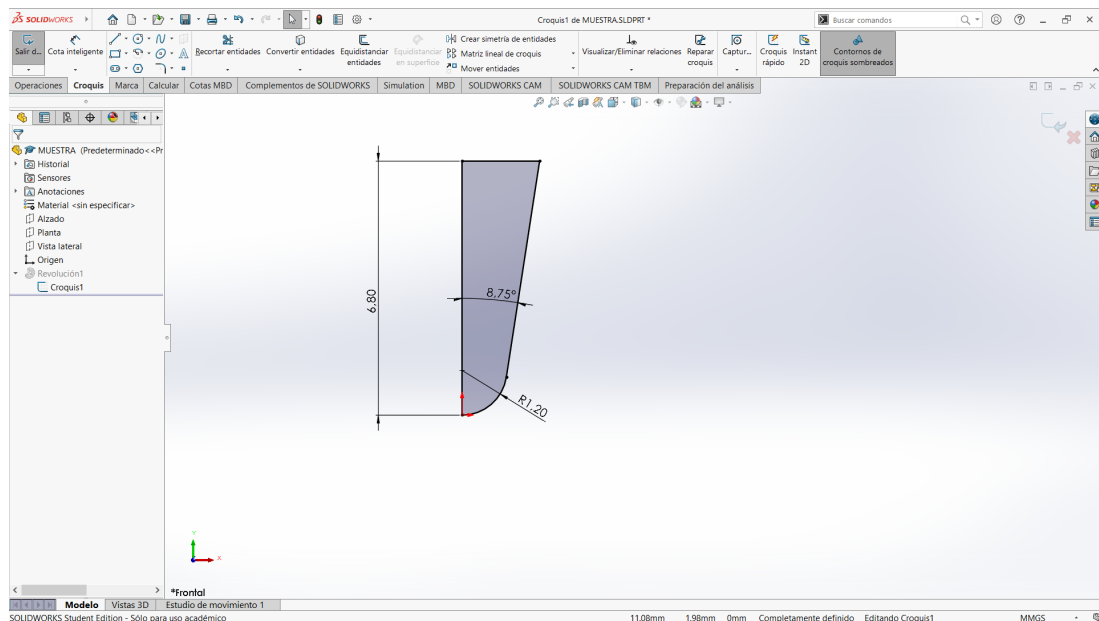


Figura 2.2.0.2. Perfil muestra con medidas y cerrado

Salimos del croquis y se realiza una extrusión sobre el eje de revolución finalizando la geometría de la muestra. Se pueden observar las propiedades físicas en **Calcular>Propiedades físicas**, donde se puede observar el volumen de la pieza generada (figura 2.2.4). Para variar el volumen de la muestra solo hay que variar la dimensión del eje de revolución.

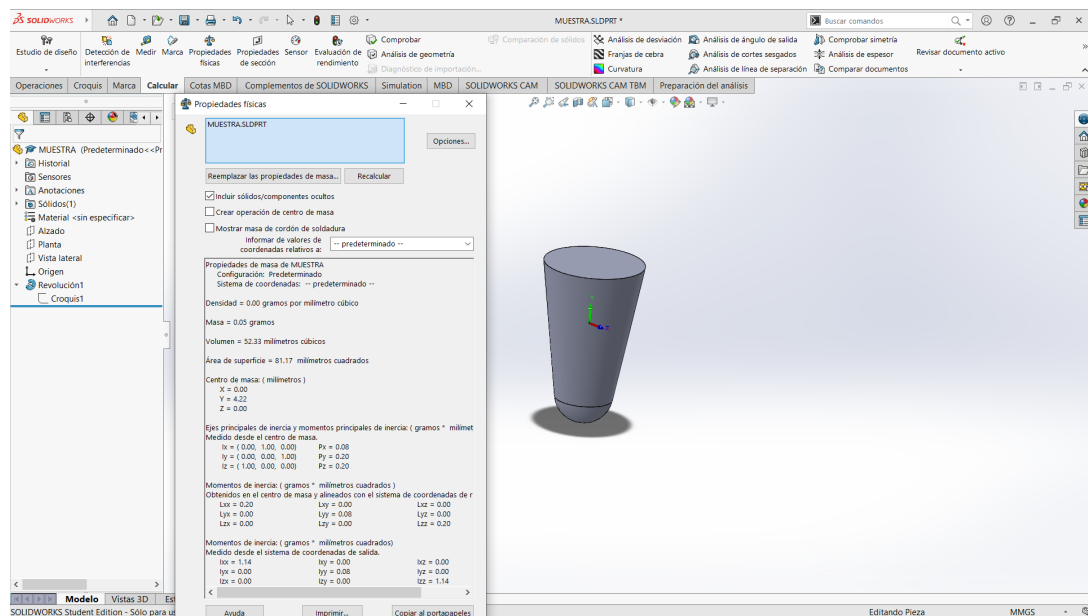


Figura 2.2.4. Revolución muestra y propiedades físicas

Hay muchas propiedades que no pueden observarse ya que no se ha definido ningún material para la pieza. Para ello podemos ir al árbol de la izquierda y seleccionamos **Material>Editar material** y seleccionamos agua (figura 2.2.5).

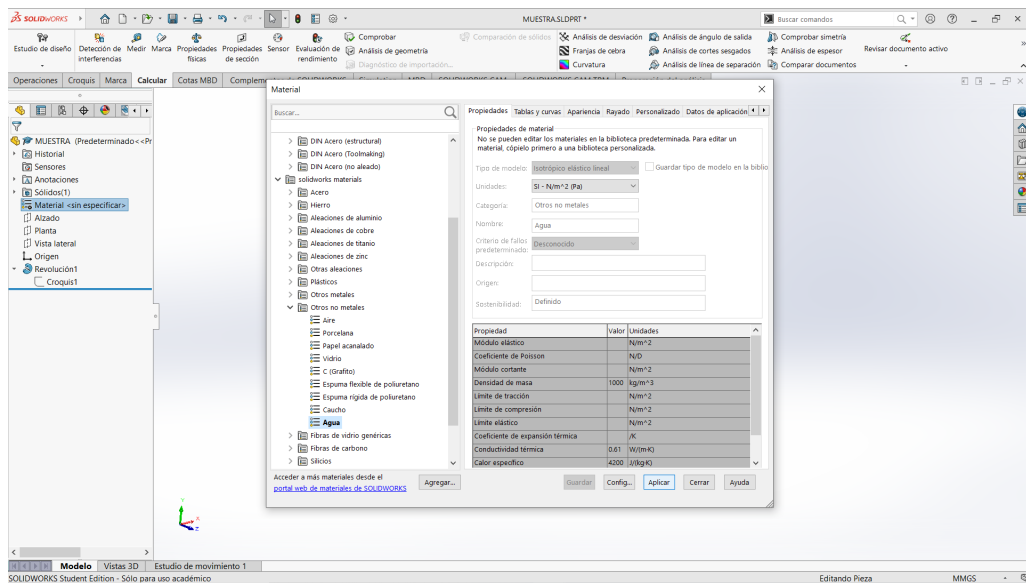


Figura 2.2.5. Asignación de material a la muestra

Ya hemos terminado de crear la muestra.

2.3. BLOQUE PORTAMUESTRAS

La última pieza que se tiene que diseñar es el bloque portamuestras. Aquí se va a diseñar el bloque de altura 8mm, espesor de base 3mm, cilindros de 7mm de diámetro y profundidad de taladrado 7mm (figura 2.3.1).

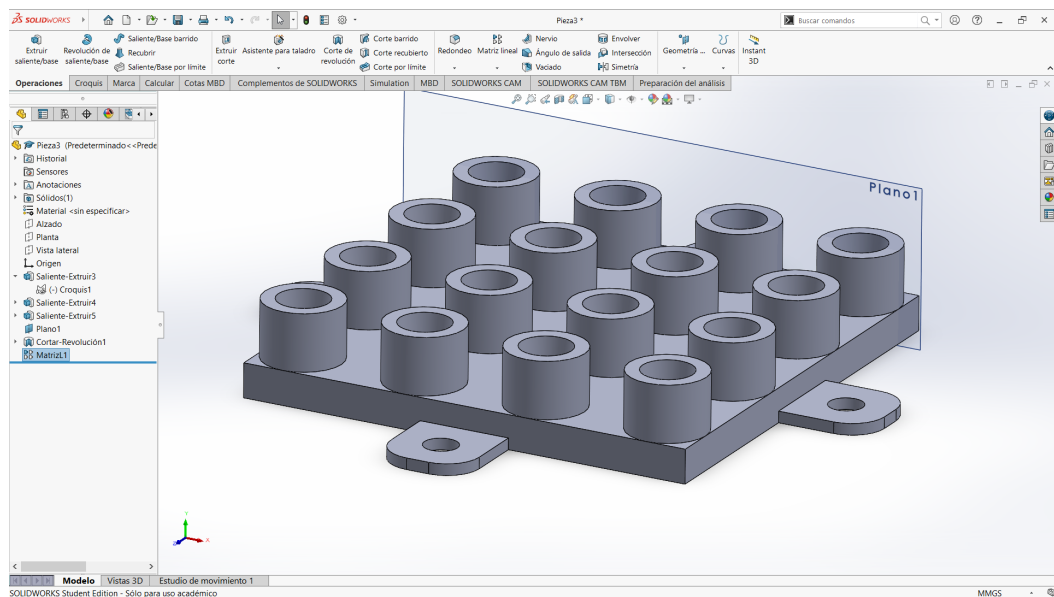


Figura 2.3.1. Bloque portamuestras a generar

Comenzamos seleccionando el plano Planta y creamos un croquis. En este comenzamos definiendo un cuadrado de 40x40mm (**figura 2.3.2**), que corresponde al bloque sobre el que irán las muestras.

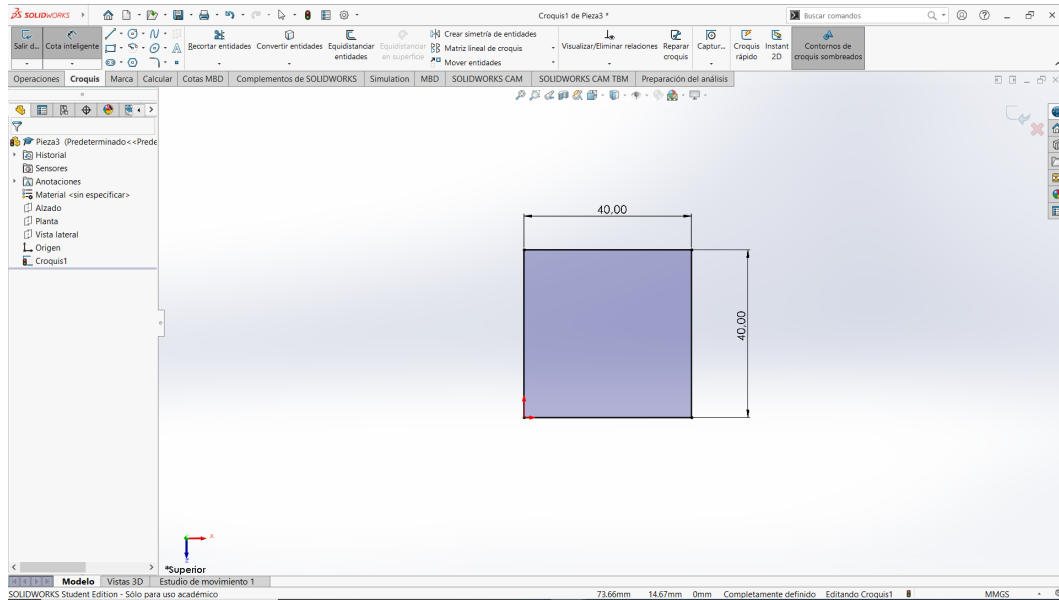


Figura 2.3.2. Croquis parte principal bloque

Después creamos las pestañas de sujeción que hay en cada lado. Creamos una y definimos su posicionamiento como se muestra en la **figura 2.3.3**.

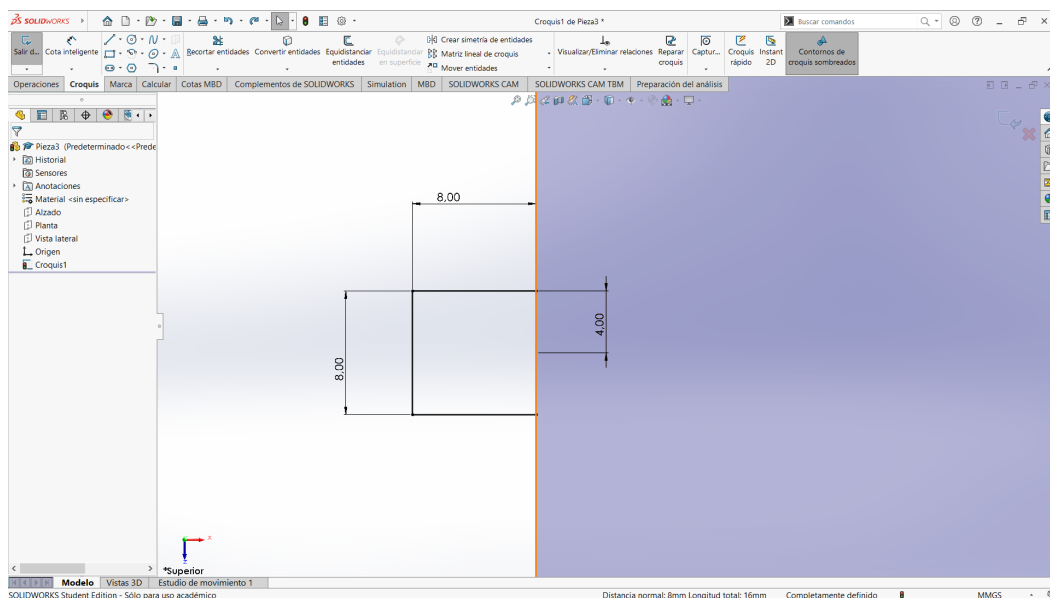


Figura 2.3.3. Croquis punto agarre bloque

Los redondeos se realizan con la herramienta **Croquis>Redondeo de croquis**, y los definimos de radio de 3mm. Por último queda el círculo de 3mm de diámetro en el centro de la pestaña quedando definida por completo (**figura 2.3.4**).

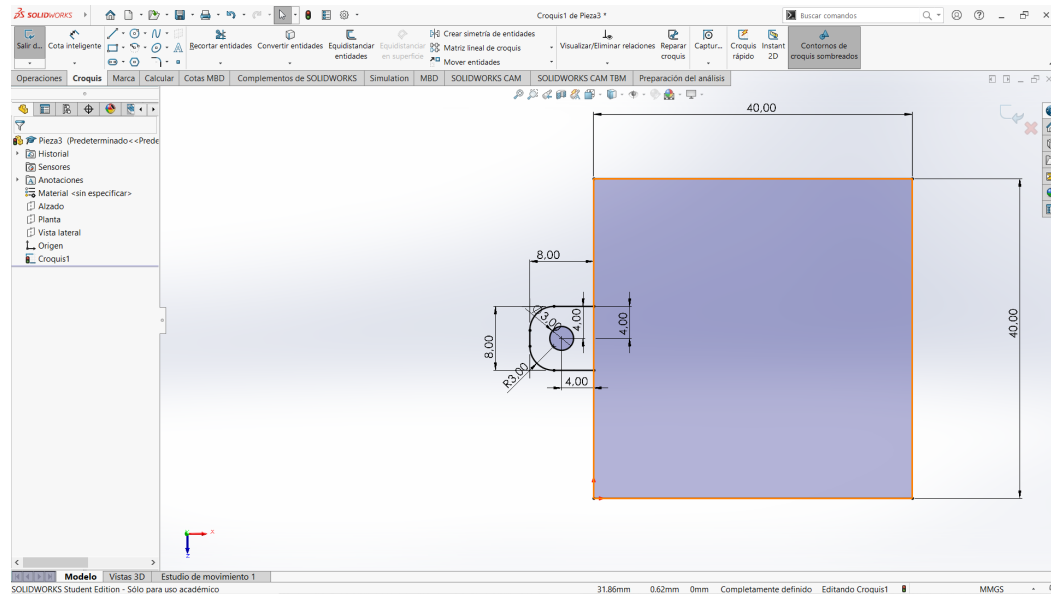


Figura 2.3.4. punto de agarre completo bloque

Las otras pestañas se crean usando **Croquis>Matriz circular de croquis**. Seleccionamos las geometrías que definen la pestaña. Además, hay que definir el centro de revolución, tal y como se muestra en la **figura 2.3.5**.

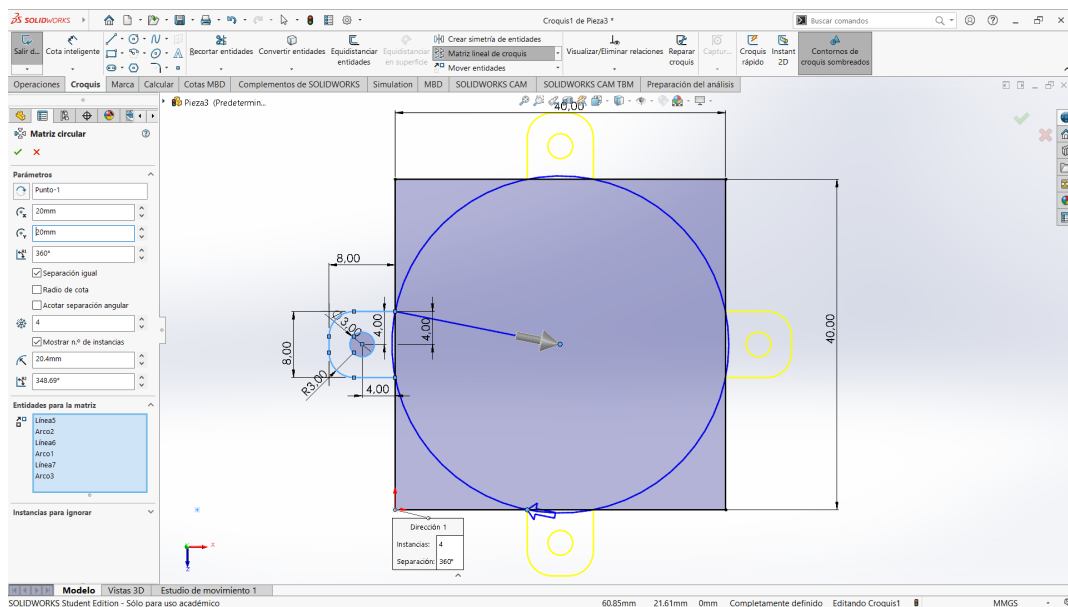


Figura 2.3.5. Matriz repetición punto de agarre bloque

Para finalizar el croquis dibujamos el círculo correspondiente al cilindro donde irá el tubo con la muestra (**figura 2.3.6**).

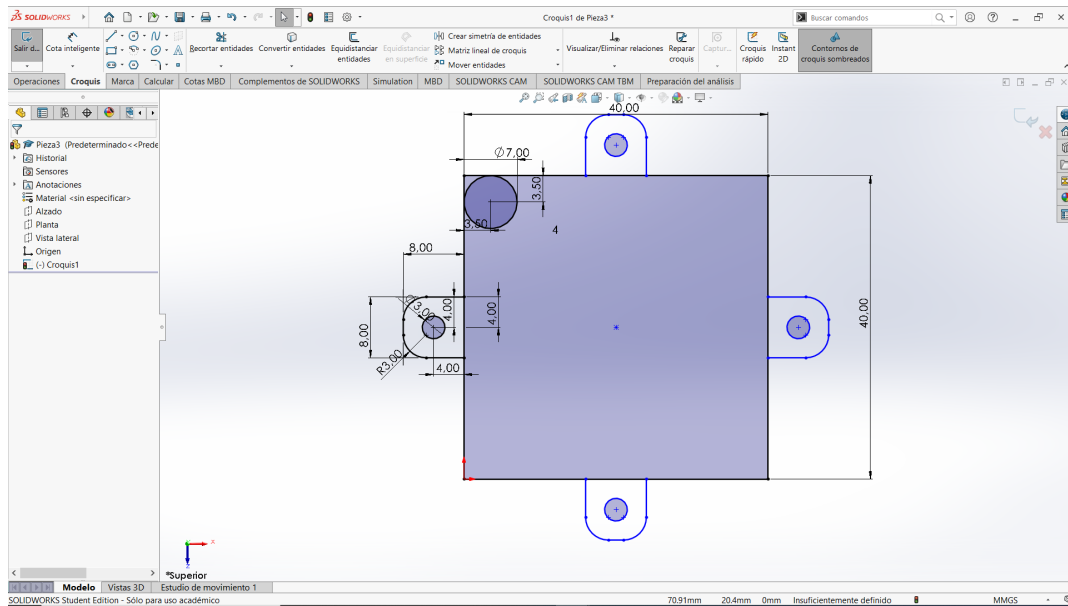


Figura 2.3.6. Croquis representación cilindro posicionamiento tubo

Salimos del croquis y comenzamos con las extrusiones. La primera que vamos a realizar es la de las pestañas, para ello seleccionamos las 4 superficies que conforman las pestañas y realizamos una extrusión de 1mm de altura (figura 2.3.7).

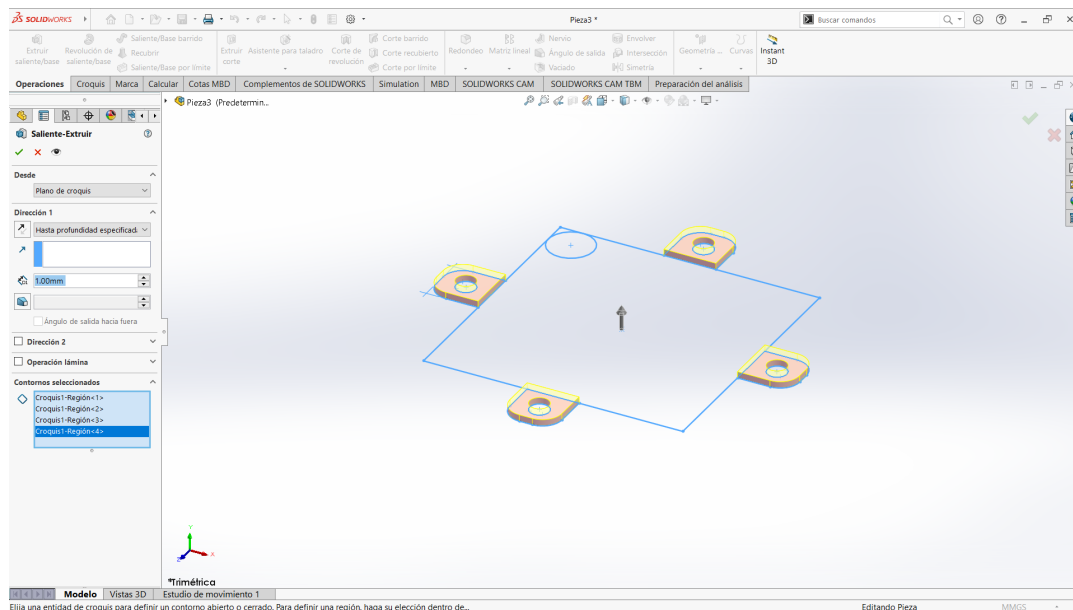


Figura 2.3.7. Extrusión puntos de agarre bloque

La siguiente extrusión será la que defina el espesor de la base, para ello seleccionamos el perímetro del cuadrado y se extruye 3mm en altura (figura 2.3.8).

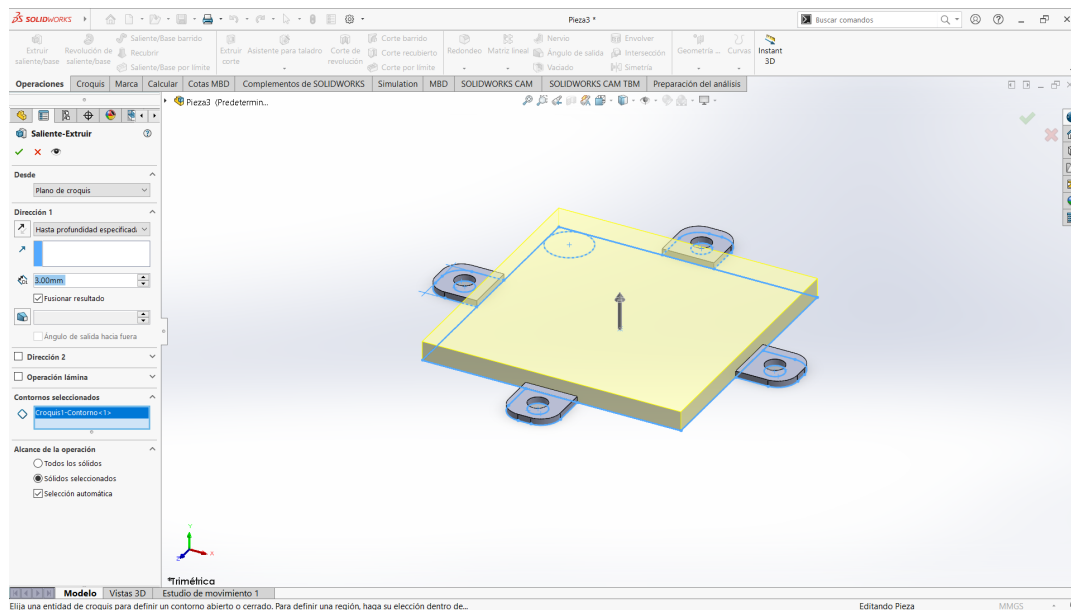


Figura 2.3.8. Extrusión base bloque

Por último realizamos la extrusión del cilindro, al cual le damos la altura de la pieza, es decir, 8mm (figura 2.3.9).

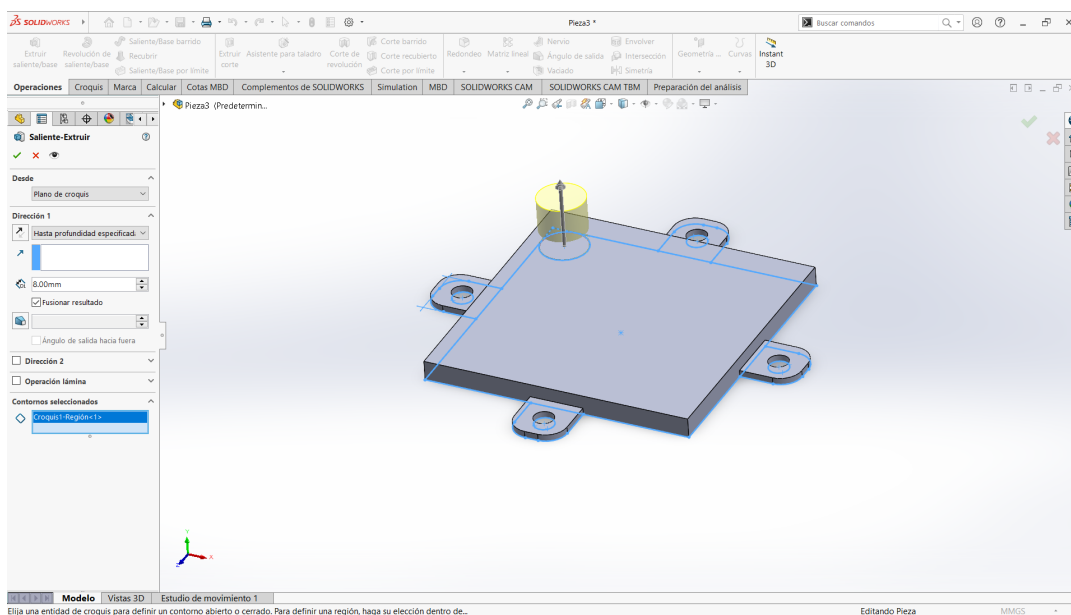


Figura 2.3.9. Extrusión cilindro bloque

Nos falta realizar el corte correspondiente al taladrado del cilindro. Para ello vamos a **Operaciones>Geometría>Plano** para definir el plano sobre el que realizar el perfil del corte. Como plano de referencia unamos la cara próxima al cilindro y perpendicular a la base. Definimos la distancia en 3,5mm y marcamos la casilla de invertir distancia. El plano creado pasa justo por el centro del cilindro creado (figura 2.3.10).

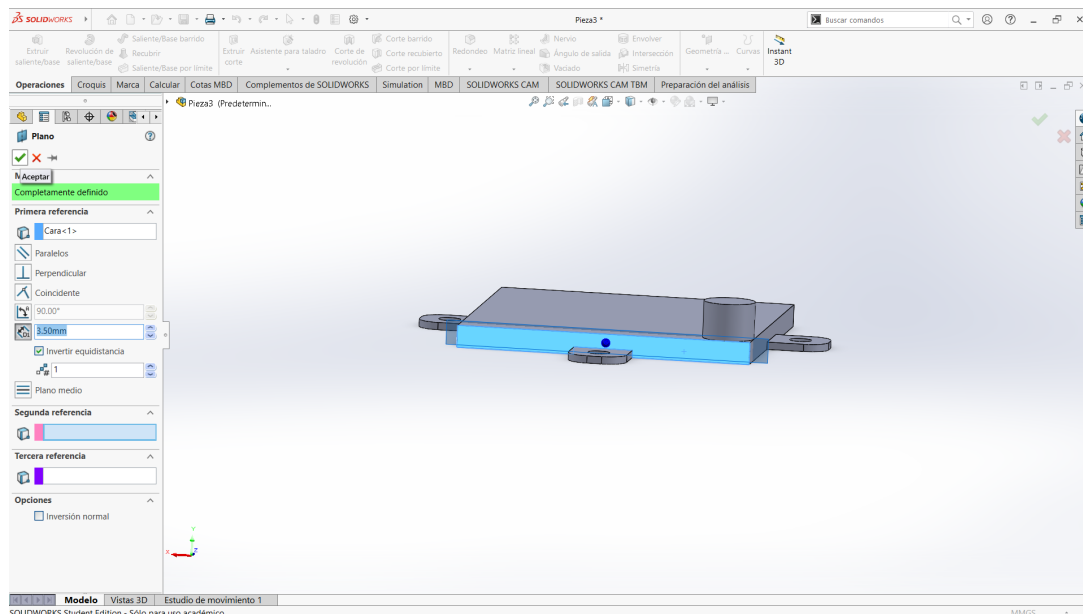


Figura 2.3.10. Generar plano de trabajo

Seleccionamos el plano recién creado y debajo del menú superior presionamos el dibujo de corte para visualizar mejor el espacio de trabajo. Volvemos a seleccionar el plano para crear un nuevo croquis y definimos la geometría como se ha hecho con el resto de las piezas, primero dibujamos el perfil y luego lo dimensionamos como se aprecia en la **figura 2.3.11**. (asegurarse de que se esta dibujando en el centro del cilindro).

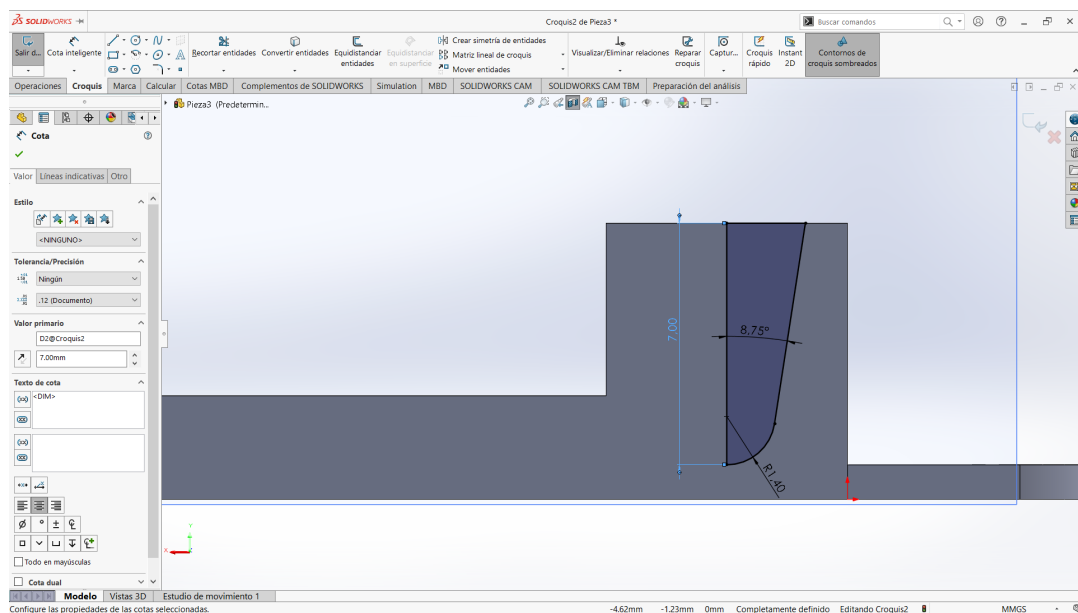


Figura 2.3.11. Croquis perfil taladrado profundidad 7mm

La profundidad de taladrado se puede cambiar simplemente modificando la dimensión del eje (figura 2.3.12).

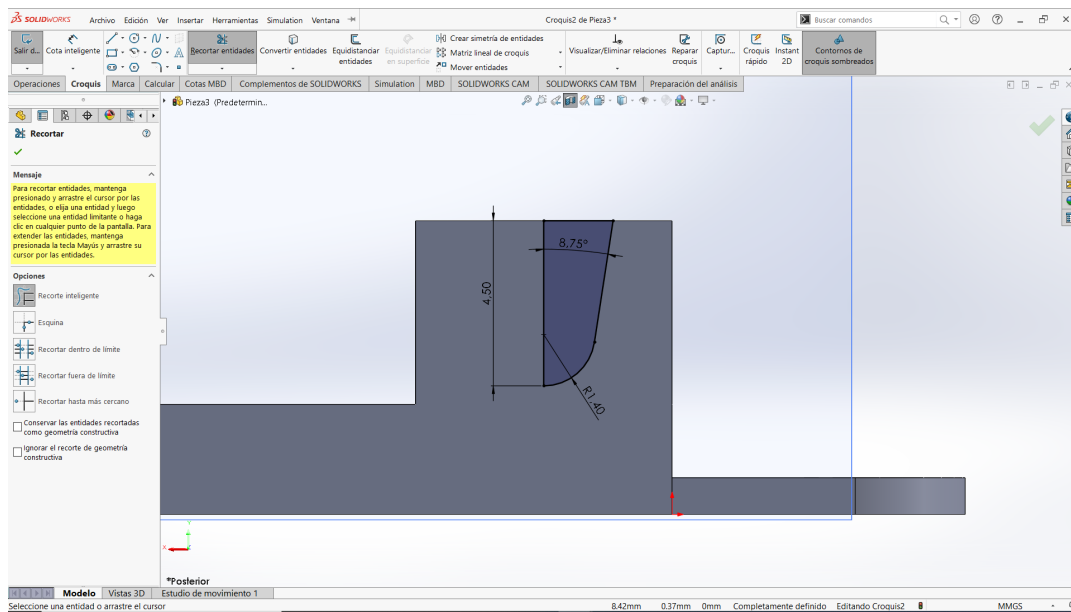


Figura 2.3.12. Croquis perfil taladrado profundidad 4,5mm

Salimos del croquis y seleccionamos **Operaciones>Corte de revolución** y definimos el eje y el área a revolucionar quedando la pieza como se muestra en la figura 2.3.13.

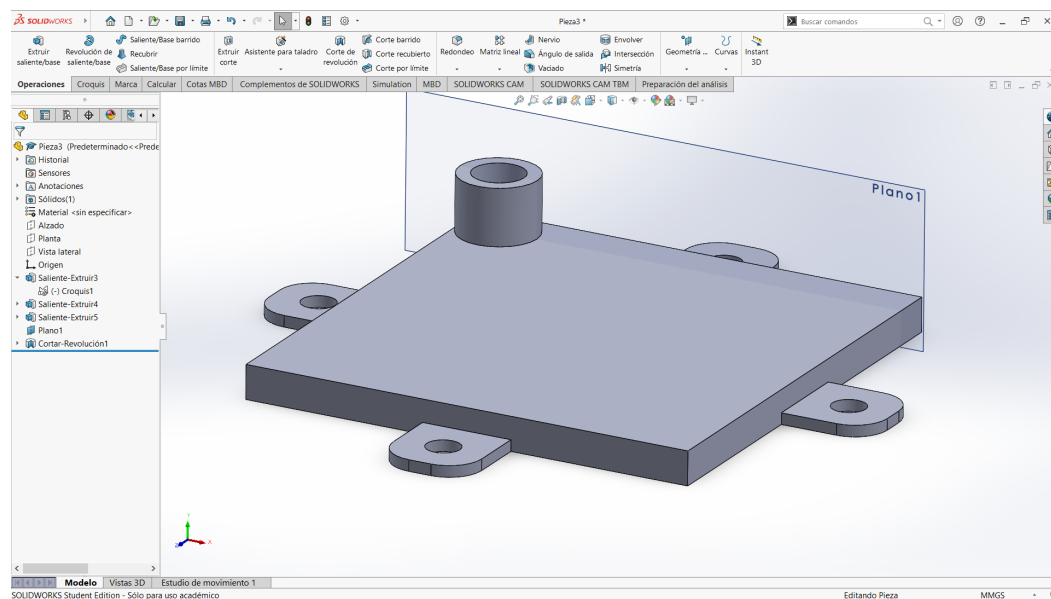


Figura 2.3.13. corte revolución taladrado

Por último vamos al árbol de operaciones de la izquierda y seleccionamos las correspondientes al cilindro (saliente cilindro y corte-revolución cilindro) y seleccionamos **Operaciones>Matriz lineal** y creamos el resto de los cilindros como se muestra en la figura 2.3.14.

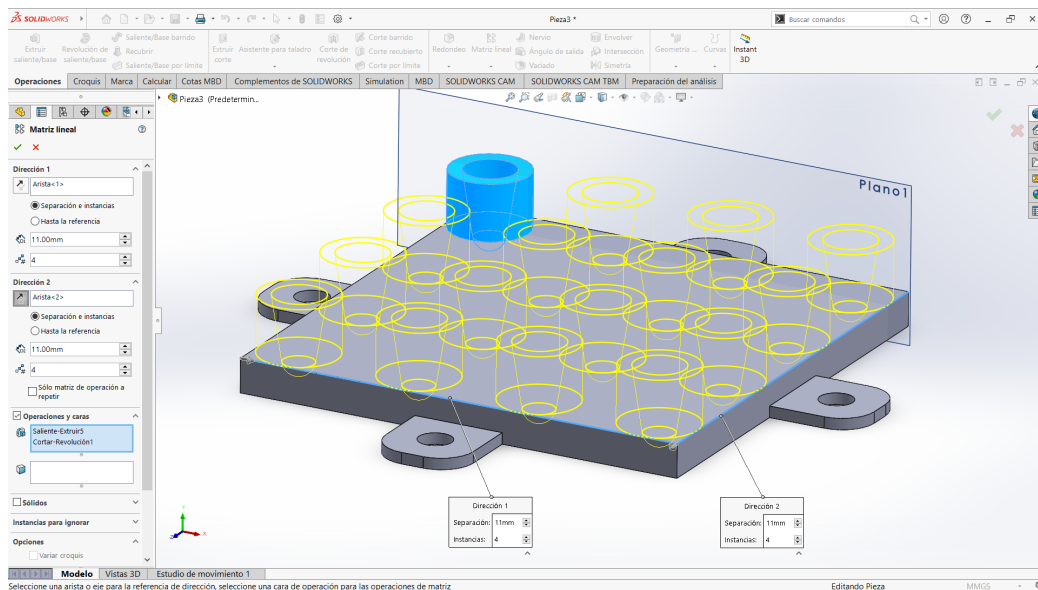


Figura 2.3.14. Matriz lineal cilindro y taladrado bloque

Ya hemos finalizado de diseñar el bloque portamuestras. Tal y como se ha diseñado, se pueden realizar variaciones con facilidad, como pueden ser la altura del bloque, el espesor de la base, el diámetro del cilindro y la profundidad de taladrado.

2.4. PELTIER

Para realizar simulaciones es recomendable crear una pieza para representar la superficie de aplicación del flujo de calor emitido por la celda Peltier. Para ello simplemente hay que crear un cuadrado de 40x40mm y darle una profundidad de 0,01mm (**figura 2.4.1**).

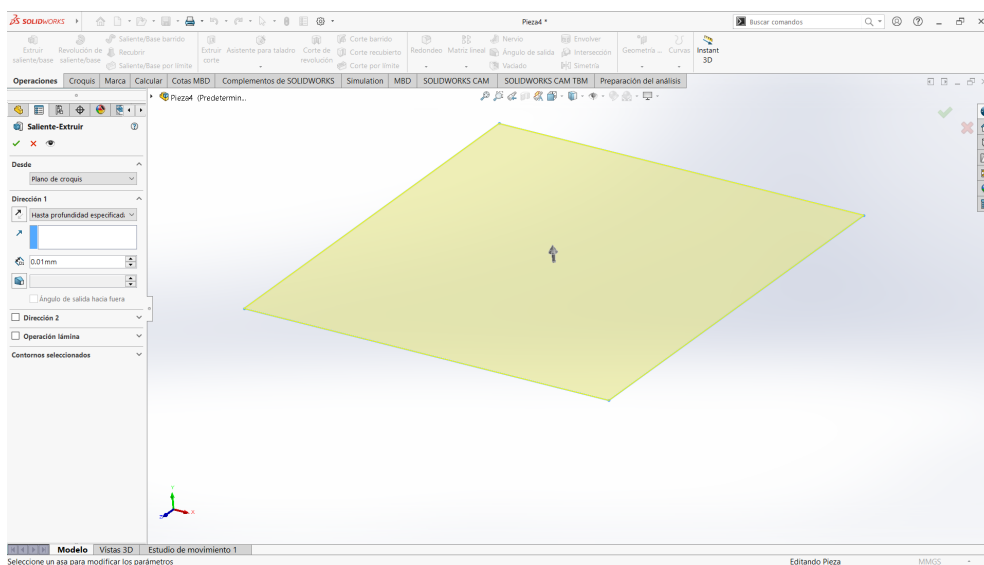


Figura 2.4.1. Representación simplificada celda Peltier

3. ENSAMBLAJES

3.1. ENSAMBLAJE TUBO – MUESTRA

Comenzamos realizando el ensamblaje del tubo y de la muestra. Para ello abrimos **SolidWorks** y vamos a la opción Crear nuevo ensamblaje. Una vez se carga el ambiente de trabajo en **Ensamblaje>Insertar componentes** insertamos las dos piezas (**figura 3.1.1**).

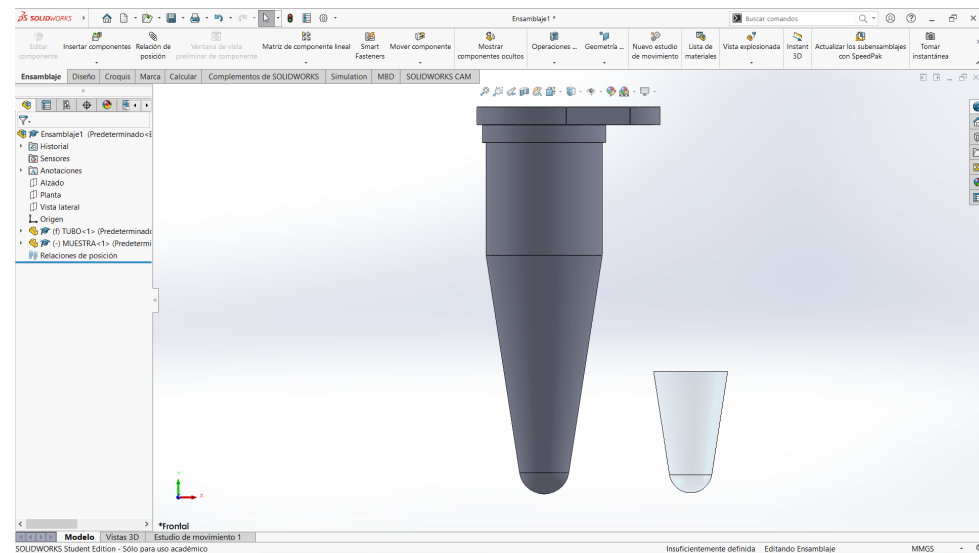


Figura 3.1.1. Tubo y muestra para ensamblaje

Seleccionamos el plano Alzado del tubo y usamos la herramienta **corte**. Una vez realizado el corte seleccionamos **Ensamblaje>Relación de componentes** e introducimos las aristas de la muestra y del interior del tubo y les damos la relación de coincidentes (**figura 3.1.2**).

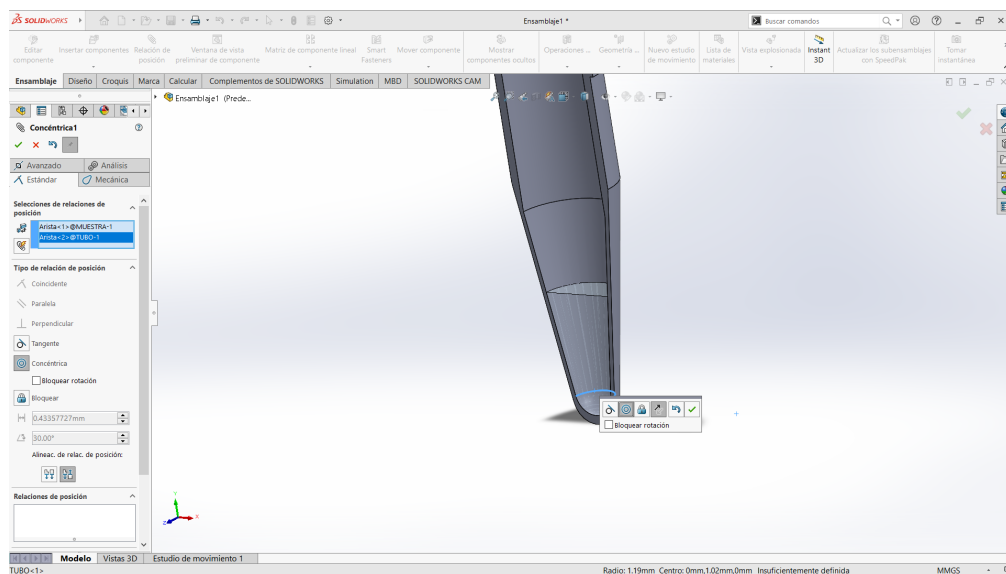


Figura 3.1.2. Ensamblaje tubo-muestra finalizado

Ya tenemos definido el ensamblaje del tubo y la muestra.

3.2. ENSAMBLAJE FINAL

En este ensamblaje procedemos a introducir todos los componentes que vamos a necesitar como se observa en la **figura 3.2.1** (ensamblaje tubo-muestra, celda Peltier, bloque portamuestras).

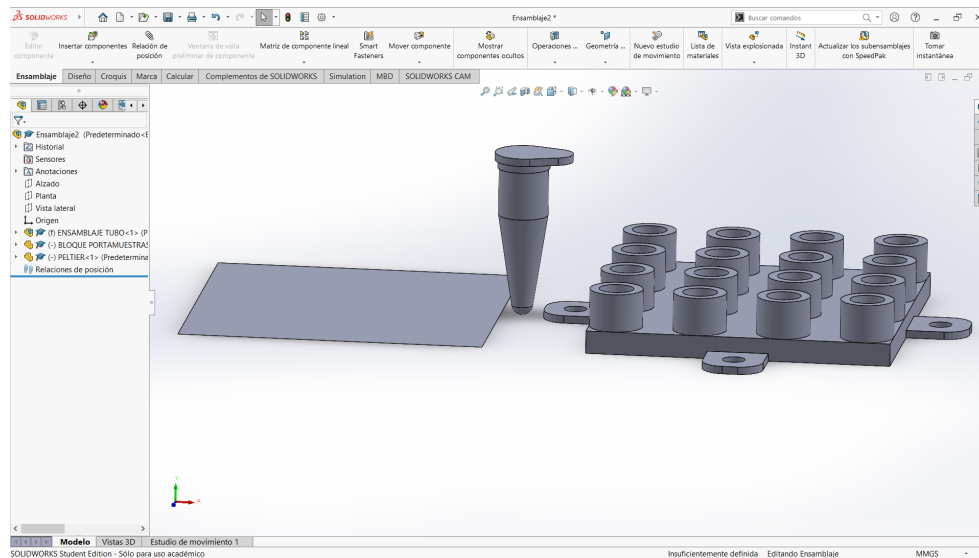


Figura 3.2.1. Ensamblaje tubo, celda Peltier y bloque portamuestras para ensamblaje

Comenzamos definiendo las relaciones de posición de la celda Peltier con el bloque portamuestras. Para ello seleccionamos un par de aristas y les damos la relación de coincidentes. Después hacemos lo mismo con otro par de aristas perpendiculares (**figura 3.2.2**).

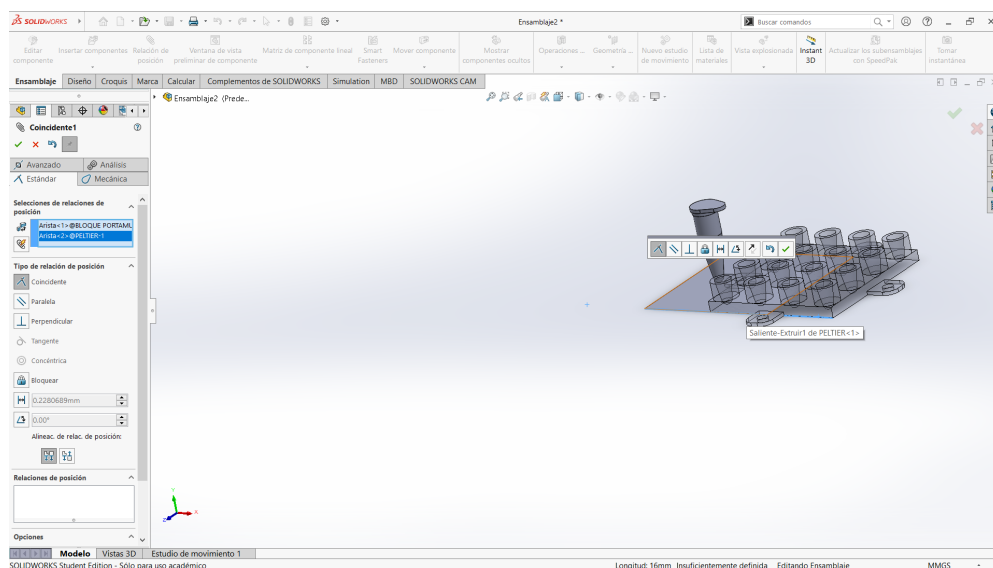


Figura 3.2.2. Relaciones de posición celda Peltier - bloque

Por último definimos la relación de posición del tubo y el bloque portamuestras. Se seleccionan las aristas de la base en ambos y se les da la relación de coincidentes (figura 3.2.3).

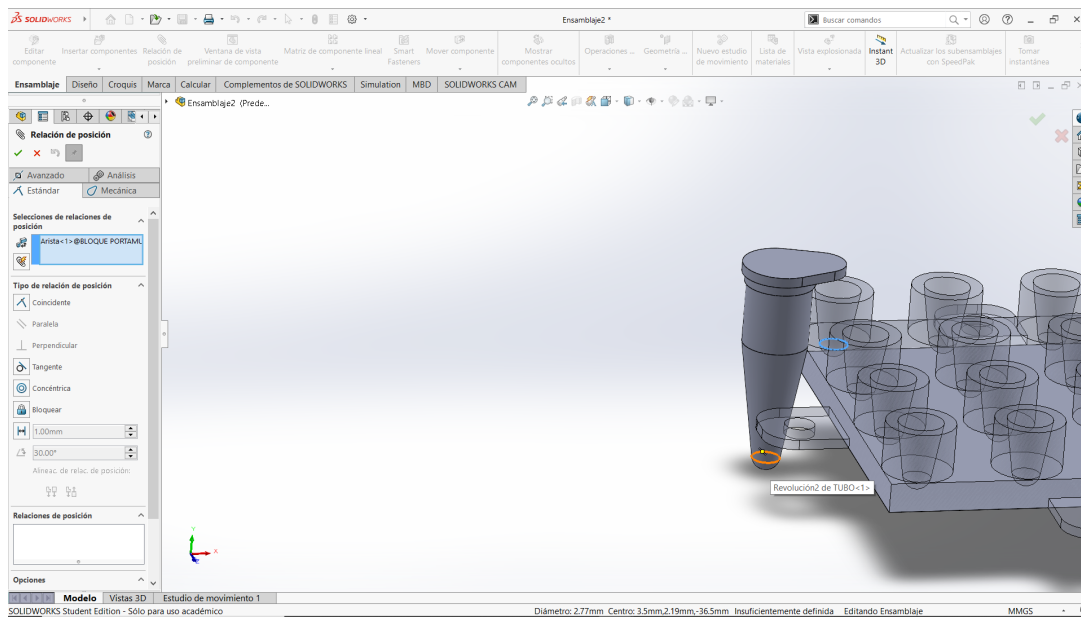


Figura 3.2.3. Relación de posición tubo-bloque

Una vez definidas todas las relaciones de posición seleccionamos el bloque ensamblaje tubo-muestra y realizamos una **matriz lineal** (figura 3.2.4).

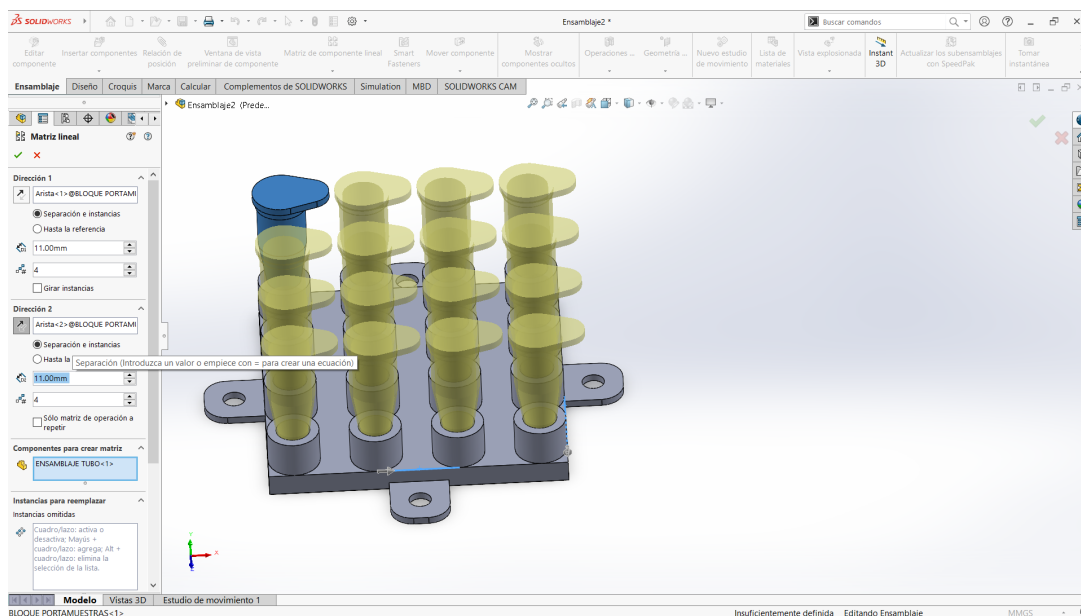


Figura 3.2.4. Matriz lineal ensamblaje tubo

Con esto finalizamos el diseño y ensamblaje de los componentes que definen nuestro equipo térmico para pruebas PCR.

ANEXO 2.- CREAR SIMULACIONES CON ANSYS

DESARROLLO SIMULACIONES PROCESO TÉRMICO DE UN TERMOCICLADOR

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En esta práctica se van a obtener los resultados térmicos de simular el funcionamiento de un termociclador. Partiremos de las piezas desarrolladas en la práctica con SolidWorks de 'diseño de piezas de un termociclador'.

Se pretende preparar el ambiente de simulación para poder obtener resultados. Partiendo de la definición de la geometría, seguido de los materiales de las piezas que conforman el termociclador, el mallado de estas y las condiciones térmicas del sistema.

Estas simulaciones no pueden realizarse con SolidWorks, ya que solo pueden hacerse simulaciones térmicas estacionarias con este software. Por ello, se realizan estas simulaciones con el programa ANSYS.

El objetivo de la práctica es crear paso a paso la simulación del termociclador de componentes térmicos los que se definen en la práctica mencionada anteriormente y proporcionar al alumno una pauta de como realizar variaciones a estas simulaciones y observar los resultados obtenidos (**figura 1.1**)

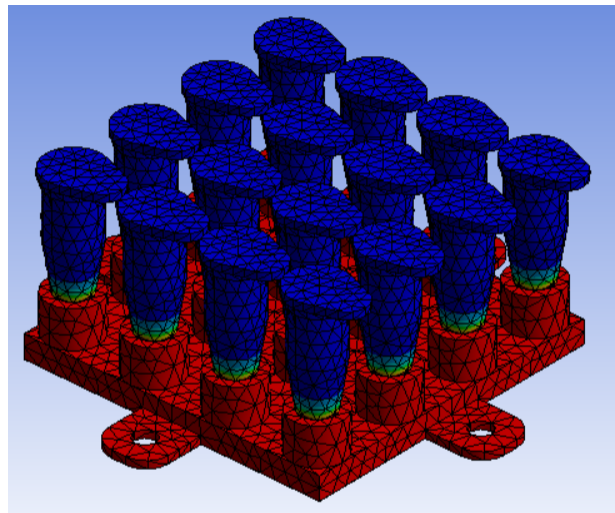


Figura 1. 1. Resultados simulación bloques termociclador, ANSYS.

2. CONFIGURACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Abrimos el Workbench de ANSYS para empezar el proyecto. Una vez abierto nos aparecen a la izquierda los módulos de simulación del programa. Dentro de la lista debemos buscar el módulo **Transient Thermal**, que es el que se va a emplear para realizar la simulación transitoria del ensamblaje que vamos a introducir. Arrastramos el módulo y nos aparecen los pasos a seguir durante el proceso de simulación (figura 2.0.1).

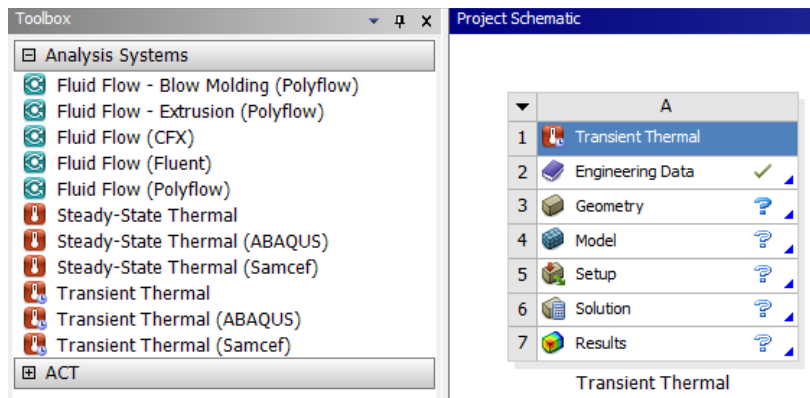


Figura 2.0.2. Módulo Transient Thermal, simulación ANSYS.

2.1. INTRODUCIR GEOMETRÍA

El primer paso es configurar la geometría que vamos a simular. Para ello, seleccionamos con el **botón derecho del ratón** sobre **Geometry** y elegimos la opción de **New DesignerModeler Geometry**.

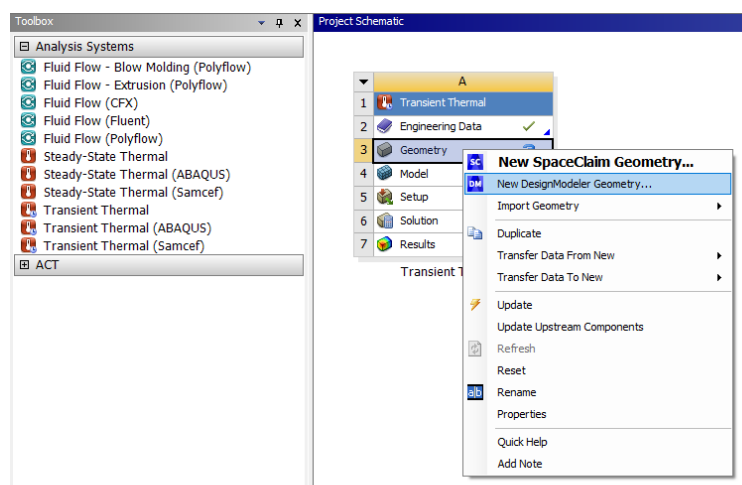


Figura 2.1.1. Definir Geometría de proyecto

Se abrirá el entorno de trabajo seleccionado después de un tiempo. Una vez se ha cargado seleccionamos **File>Import External Geometry File** y buscar el fichero del ensamblaje que se va a simular. El fichero debe ser en formato IGES. Si no se ha guardado en este tipo de fichero abrir en SolidWorks y guardarlo.

Una vez importado se pulsa la herramienta **Generate** y se carga la geometría importada (figura 2.1.1).

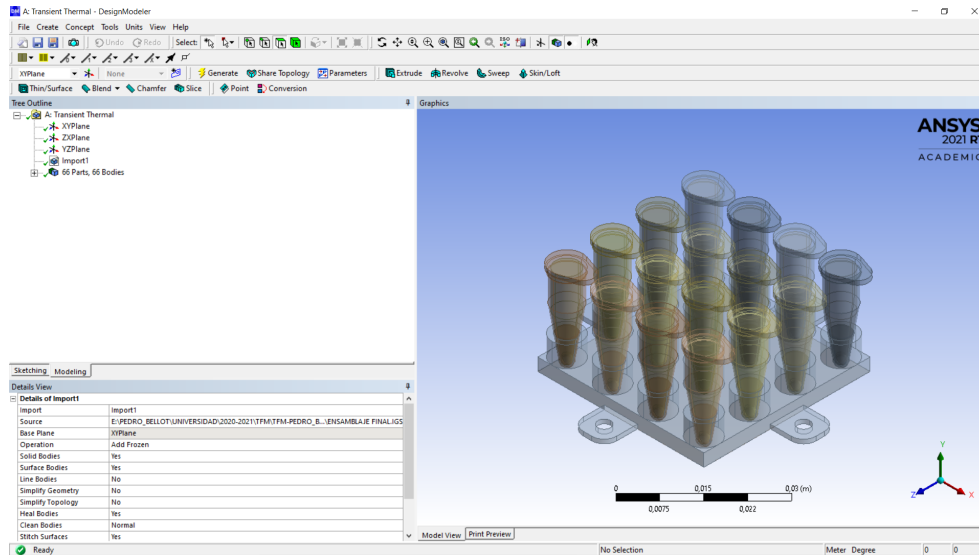


Figura 2.1.2. Geometría importada a DesignModeler ANSYS

Una vez cargada la geometría se puede cerrar el entorno de trabajo y guardar el proyecto.

2.2. MODELADO SIMULACIÓN

Comenzamos con el siguiente paso de la simulación. Se hace clic sobre **Model** (figura 2.2.1) y se abre el siguiente entorno de trabajo.

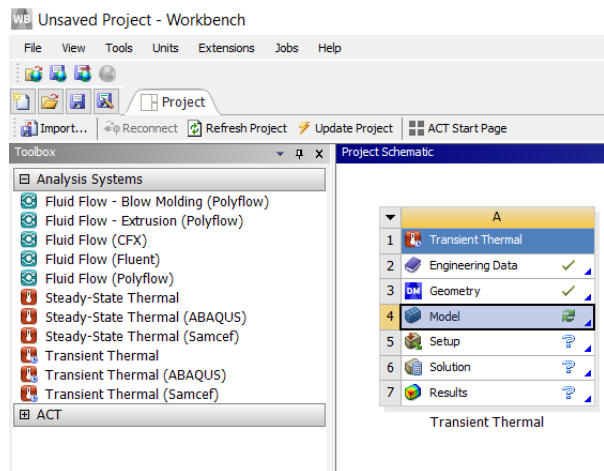


Figura 2.2.1. Seleccionar apartado Model de la simulación

El primer paso que vamos a realizar es agrupar en el árbol de la izquierda los sólidos que componen la geometría. Creamos carpetas seleccionándolos y con el botón derecho del ratón seleccionamos la opción **Group** hacemos esto para la celda Peltier, el bloque portamuestras, los tubos, el aire dentro del tubo y las muestras (**figura 2.2.2**). Las agrupaciones nos permiten ocultar las partes correspondientes con facilidad para trabajar mejor. Para ocultar geometrías solo hay que seleccionar la carpeta creada con el botón derecho del ratón y hacer clic sobre **Hide Bodies In Group**.

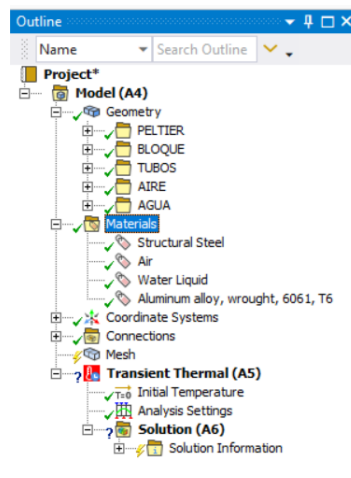


Figura 2.2.2. Árbol del proyecto con geometrías agrupadas

El siguiente paso es definir los materiales que vamos a emplear. Para ello en el árbol seleccionamos Materials y aparece una librería de materiales del programa con el que trabajamos. En dicha lista aparecen ya como favoritos el agua y el aire, los cuales vamos a incorporar a nuestro trabajo seleccionando el **botón '+'**. Además, buscaremos los materiales polipropileno PP (**Plastic, PP**) para los tubos y aleación de aluminio 6061 T6 (**Aluminum alloy, wrought, 6061, T6**).

Una vez seleccionados los materiales podemos ir al árbol y visualizarlos ahí. Si se selecciona cualquiera de ellos aparece un botón a la derecha de las características de este con forma de lápiz. Este botón nos permite modificar las propiedades del material. Vamos a realizar esto con el aluminio, ya que el que se emplea en el equipo real es aluminio 6063 T5, el cual tiene una conducción térmica mayor, de 209 (W/mC). Al pulsar el lápiz nos lleva a la librería de materiales y abajo aparecen las propiedades que se pueden modificar. Seleccionamos la conductividad térmica y cambiamos el valor (**figura 2.2.3**).

Properties of Outline Row 4: Aluminum alloy, wrought, 6061, T6					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	2713	kg m ⁻³		
4	Isotropic Thermal Conductivity	209	W m ⁻¹ C ⁻¹		
5	Specific Heat Constant Pressure, C _p	915,7	J kg ⁻¹ C ⁻¹		

Figura 2.2.3. Cambio de propiedades a los materiales

Volvemos al ambiente de trabajo del **Model** y volvemos a seleccionar **Materials** con el botón derecho y pulsamos **Refresh Materials** para que actualice los valores que se hayan cambiado.

A continuación seleccionamos los materiales individualmente con el botón derecho y pulsamos **Create Material Assignment**. Esta herramienta crea un módulo con el material seleccionado y nos permite seleccionar las geometrías a las que queremos asignarles dicho material.

Hacemos esto con todas las piezas, asignándole al bloque y la celda Peltier el aluminio (**figura 2.2.4**). La celda solo se ha creado para representar la geometría y área de aplicación del flujo de calor, pero hay que asignarle un material para poder realizar la simulación. Se seleccionan las geometrías y en **Geometry** pulsamos **Apply**. Realizamos lo mismo con el resto de las piezas. Tubo – polipropileno, aire – aire y muestra – agua.

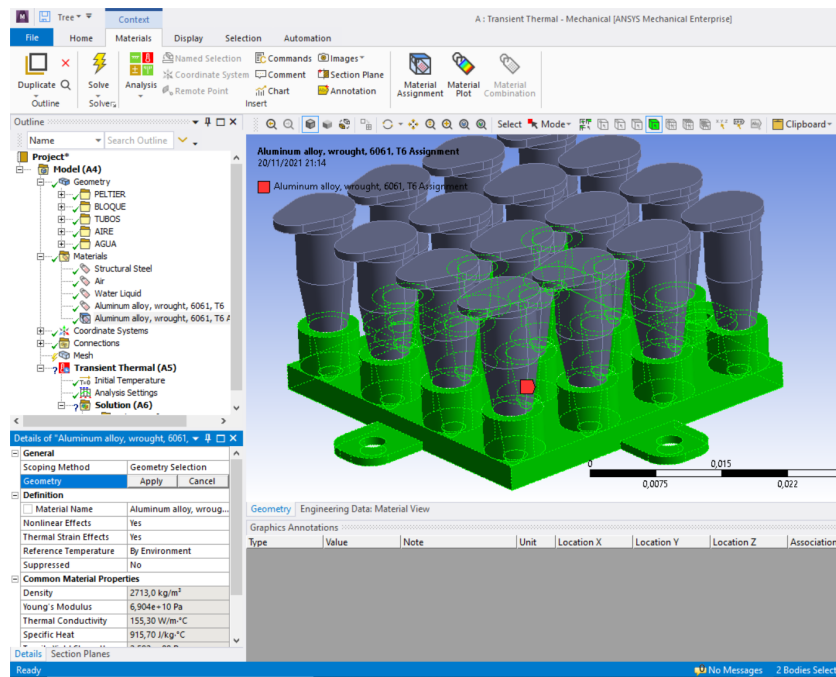


Figura 2.2.4. Asignar material a geometría bloque y Peltier

Una vez definidos los materiales nos queda definir la malla. Para ello vamos a la pestaña **Mesh** del árbol del proyecto y con el botón derecho seleccionamos **Sizing**. Al igual que los materiales vamos a definir un mallado para cada pieza. Para ello añadimos 5 módulos de **Sizing**, los cuales podemos renombrar para mayor claridad.

En este apartado debemos asignar la geometría que queremos mallar y en **Element Size** introducimos el tamaño de ese mallado. Vamos a generar un mallado simple en este proyecto (figura 2.2.5).

Los tamaños de mallado a asignar son: bloque – 2mm, Peltier – 1mm, Tubos -1.5mm, aire-2mm y muestra – 1mm.

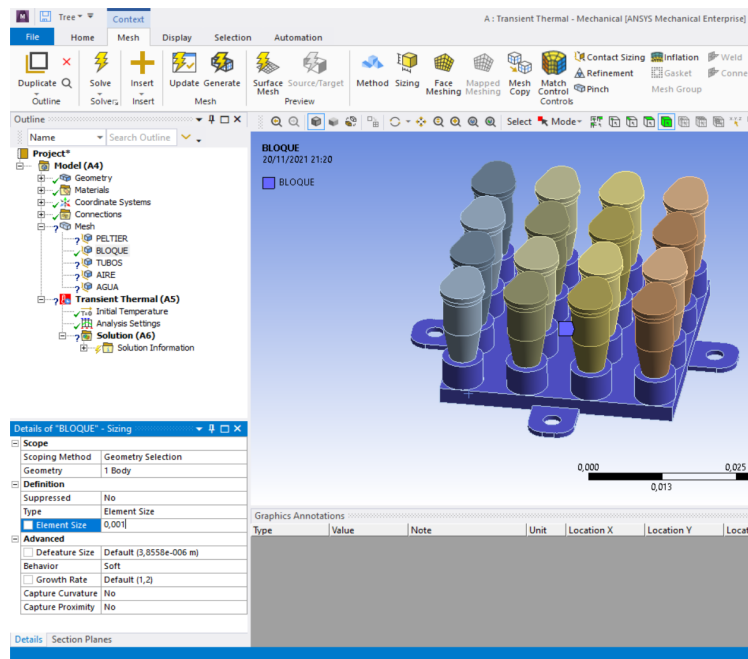


Figura 2.2.5. Definición tamaño mallado para el bloque portamuestras

Ya tenemos todos los componentes geométricos definidos y listos para la simulación. Ahora nos falta introducir las condiciones térmicas sobre las que se va a realizar la simulación .

Para ello en la pestaña **Transient Thermal** del árbol del proyecto vamos a introducir un **flujo de calor** y dos **módulos de convección**.

Para el flujo de calor vamos a definir la magnitud constante y de valor $21,4 \text{ W/m}^2$ y seleccionamos la cara inferior de la celda Peltier para que se aplique sobre ella el flujo.

A la derecha aparece una tabla con los Steps que se van a realizar. En esa tabla podemos introducir valores manualmente si el flujo no va a ser constante. También pueden importarse tablas para asignar los valores. Se ve que el número de Steps es muy reducido. Podemos cambiar eso en la pestaña **Analysis Settings** (figura 2.2.6), y vamos a decir que realice 30 Steps, o lo que es igual 30s de simulación. La simulación es costosa por eso definimos un tiempo tan pequeño, pero este nos muestra suficiente como para observar el comportamiento térmico del ensamblaje.

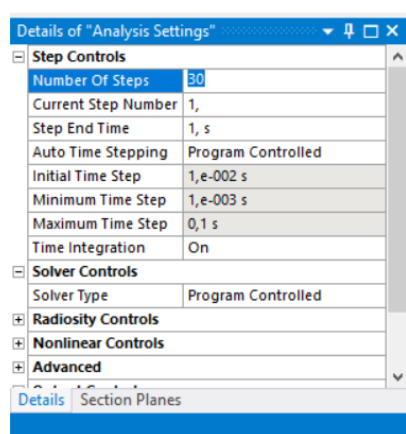


Figura 2.2.6. Asignar número de Steps, Analysis Settings

En cuanto a los módulos de convección vamos a definir la convección del bloque con el ambiente y de los tubos con el ambiente. Para ello seleccionamos las caras a las que queremos asignarles ese efecto de convección (**figuras 2.2.7 y 2.2.8**) y les aplicamos un coeficiente de convección de $10 \text{ W/m}^2\text{C}$ al. Bloque y de $7 \text{ W/m}^2\text{C}$ a los tubos.

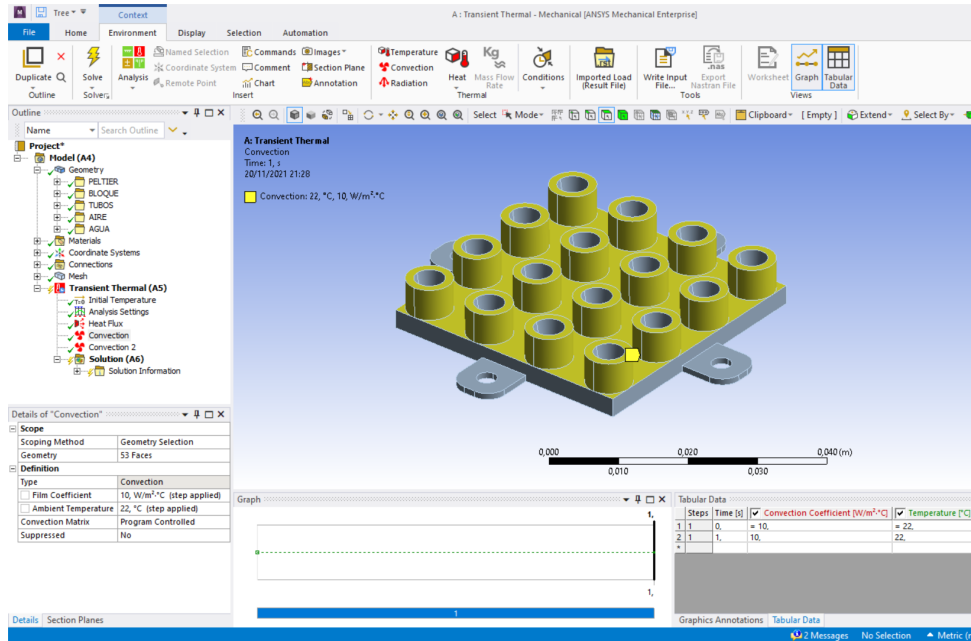


Figura 2.2.7. Asignar superficies en las que se produce convección con el ambiente, bloque

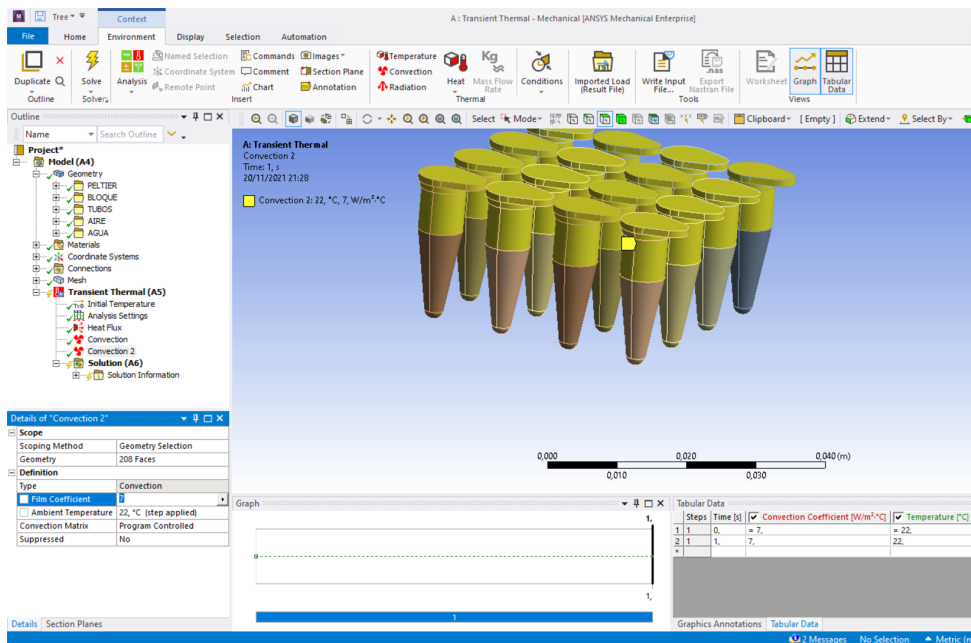


Figura 2.2.8. Asignar superficies en las que se produce convección con el ambiente, tubos

Ya tenemos definido todo el proyecto de simulación. Podemos guardarlo y pulsar el botón **Solve** para obtener los resultados.

2.3. RESULTADOS

Una vez ha terminado la ejecución de la simulación, procedemos a la visualización y interpretación de los resultados. Para visualizar resultados podemos hacerlo desde la pestaña **Solution** del árbol de proyecto. Haciendo clic derecho seleccionamos **Insert>Thermal>Temperature** para visualizar la evolución de la temperatura de las piezas. Debemos crear un módulo para cada pieza que queramos observar y le cambiamos el nombre a lo que se considere conveniente para mayor claridad.

Comenzamos elaborando el del bloque portamuestras (**figura 2.3.1**). Para ello, seleccionamos el bloque y lo asignamos a la geometría. Si queremos visualizar partes más importantes, como puede ser la superficie de contacto del bloque con los tubos también podemos hacerlo. Para ello asignamos a la geometría las caras que nos interesen (**figura 2.3.2**).

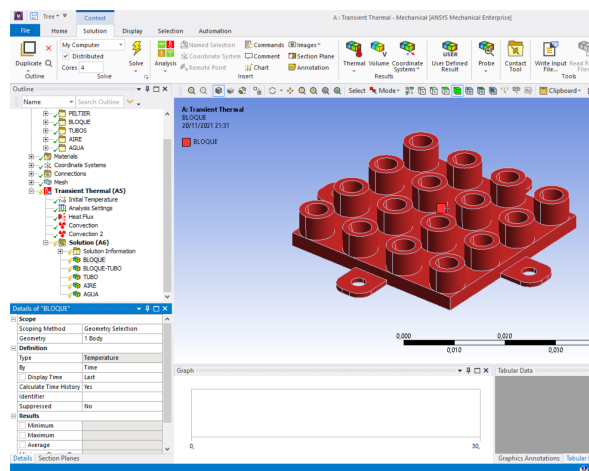


Figura 2.3.1. Asignar geometrías para visualización de resultados, bloque

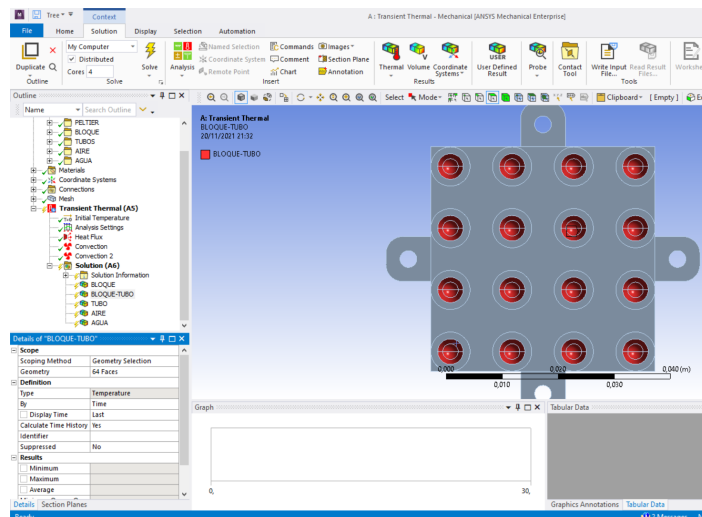


Figura 2.3.2. Asignar superficies para visualizar resultados, bloque en contacto con tubos

Estos módulos de visualización pueden crearse antes de la simulación y los resultados aparecerán directamente. Al hacerlo después lo único que tenemos que hacer es seleccionar **Solution>Evaluate All Results**.

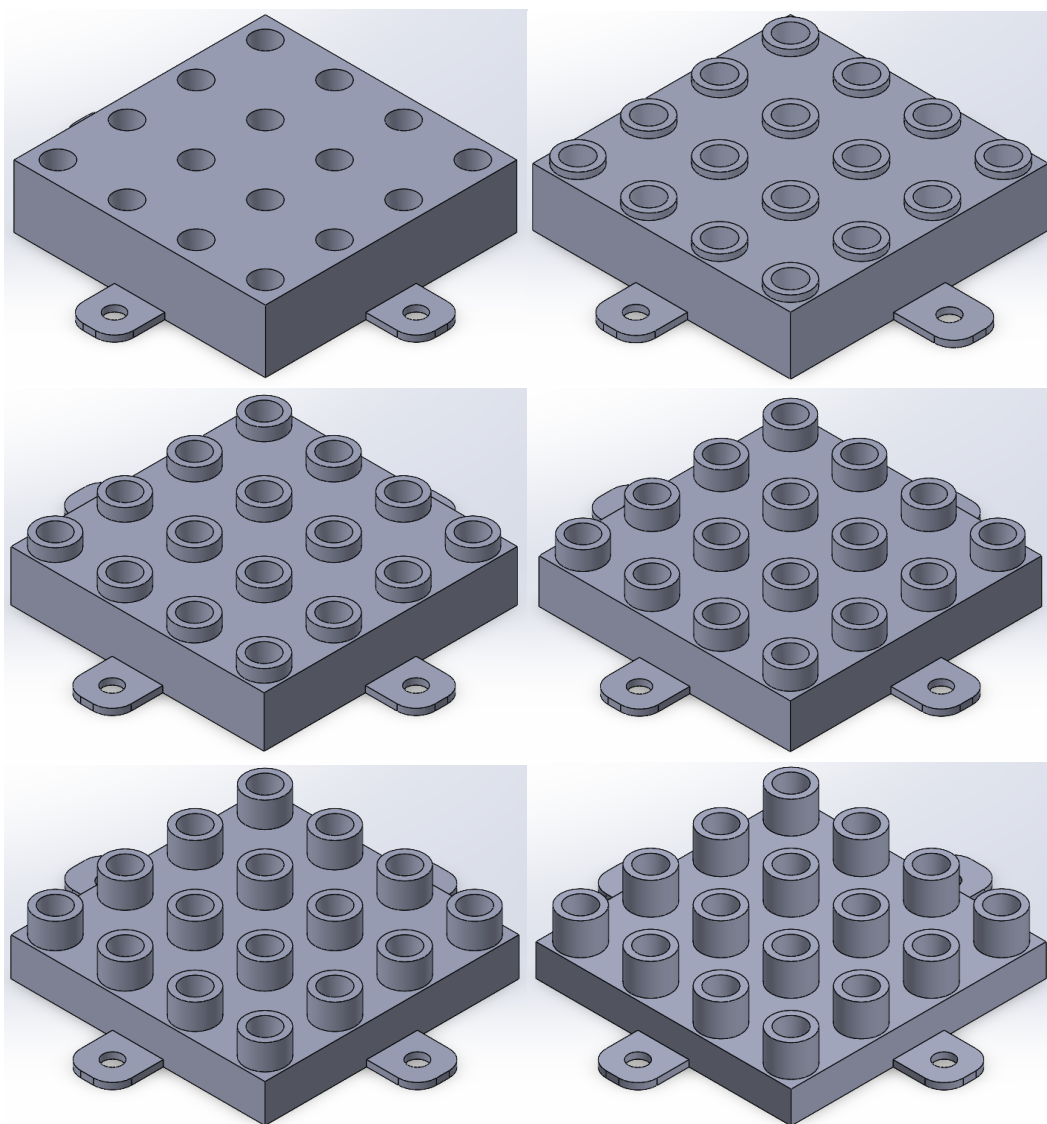
ANEXO 3. – RESULTADOS SIMULACIONES BLOQUE PORTAMUESTRAS

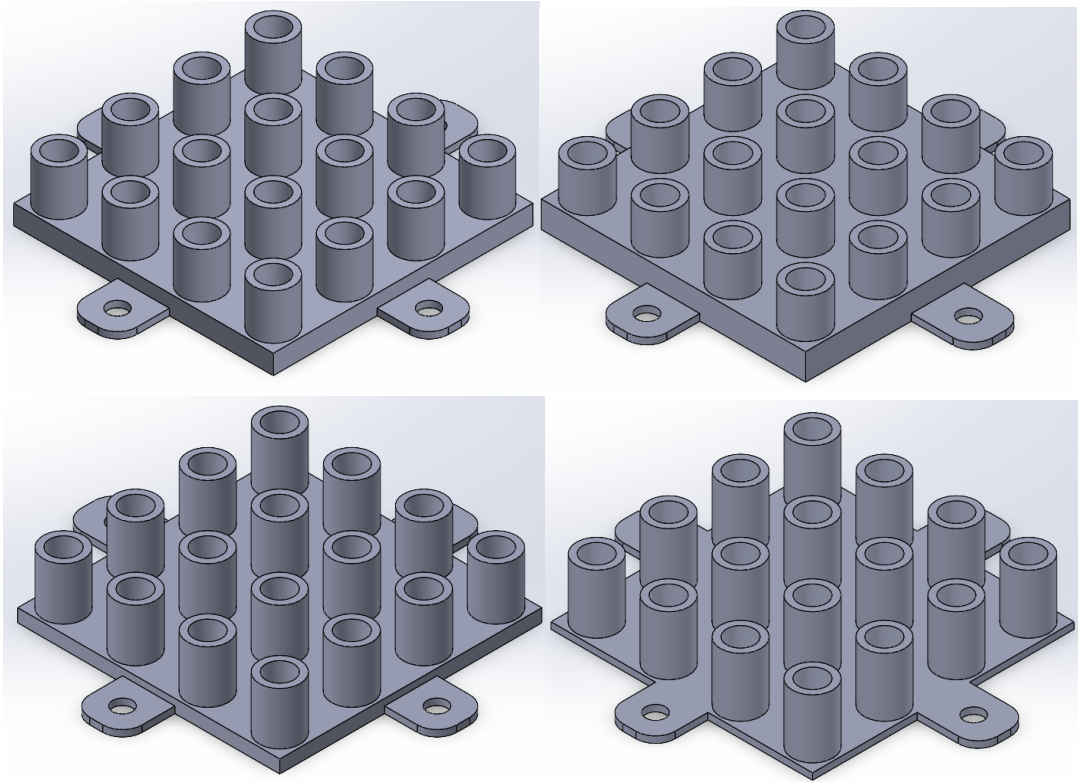
OPTIMIZACIÓN 1: ELIMINAR MATERIAL EN ALTURA

RESULTADOS SIMULACIÓN

IMÁGENES

Pieza mecanizado base a mecanizado 9mm





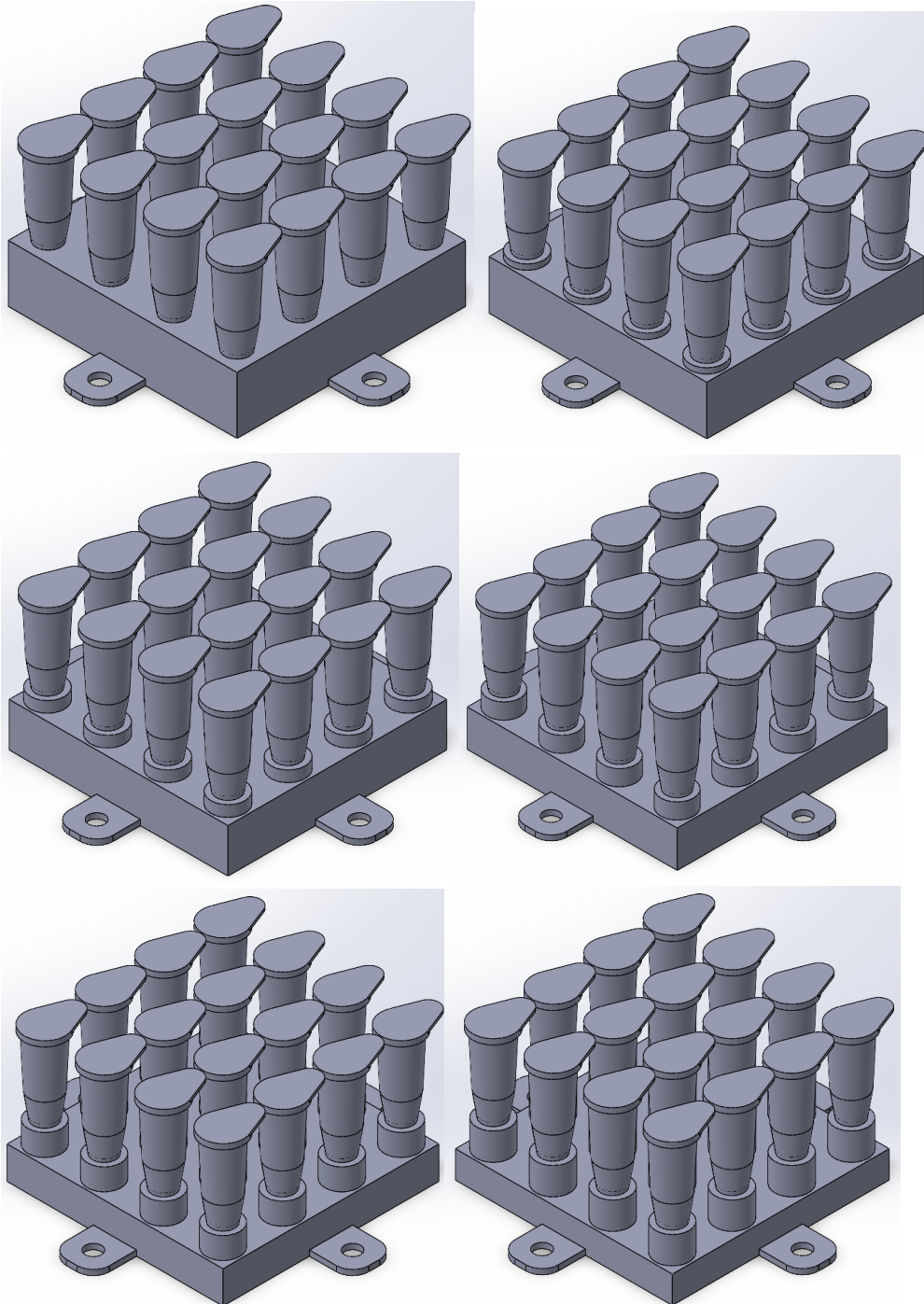
TABLA

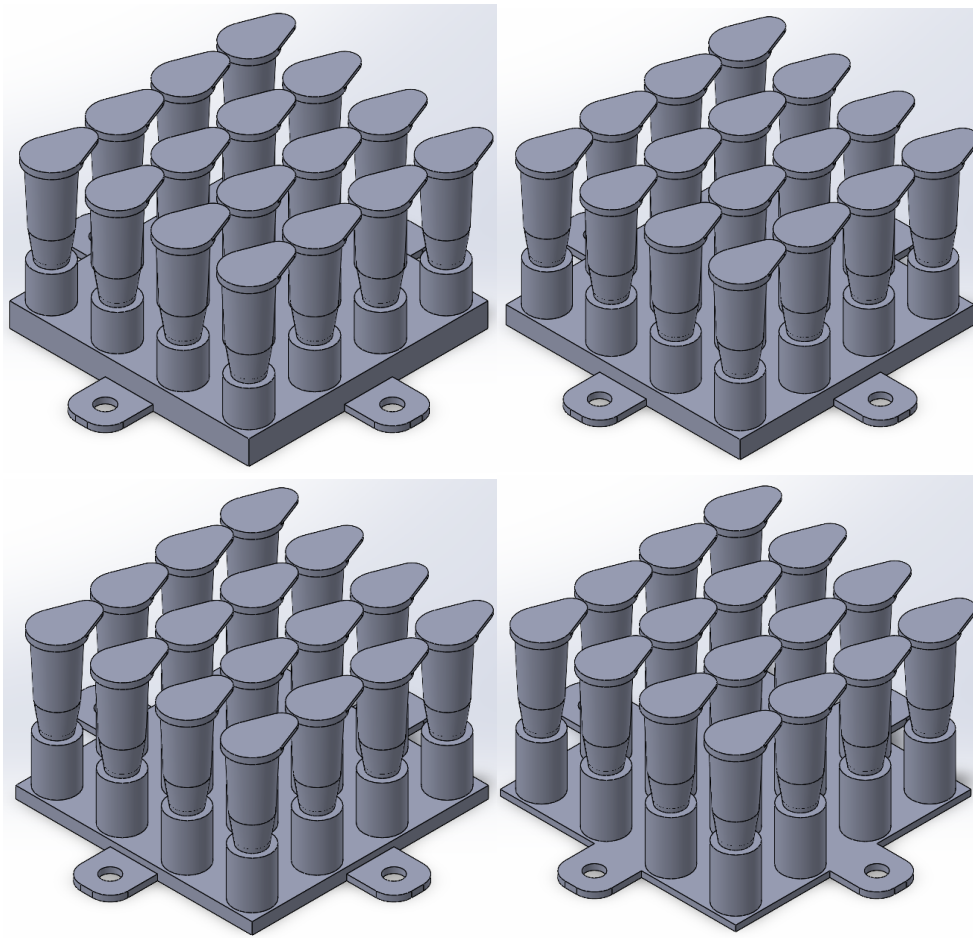
Versión pieza simulación	Tª bloque-tubo a 50s (°C)	$k = T^a_{\text{bloque}} / T^a_{\text{agua}}$	Tª agua a 50s (°C)	°C/s	Mejora (%)
Pieza mecanizado base	137,4	1,04	131,8	2,31	0,0
Pieza mecanizado 1mm	146,1	1,04	140,1	2,48	7,5
Pieza mecanizado 2mm	156,2	1,04	149,7	2,68	16,3
Pieza mecanizado 3mm	168,0	1,04	161,0	2,92	26,5
Pieza mecanizado 4mm	182,1	1,04	174,4	3,20	38,8
Pieza mecanizado 5mm	199,3	1,04	190,8	3,55	53,6
Pieza mecanizado 6mm	220,5	1,04	211,1	3,97	72,0
Pieza mecanizado 7mm	247,6	1,05	236,9	4,51	95,5
Pieza mecanizado 8mm	283,3	1,05	271,0	5,23	126,4
Pieza mecanizado 9mm	331,8	1,05	317,3	6,20	168,4

RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA

IMAGENES

Pieza mecanizado base a mecanizada 9mm



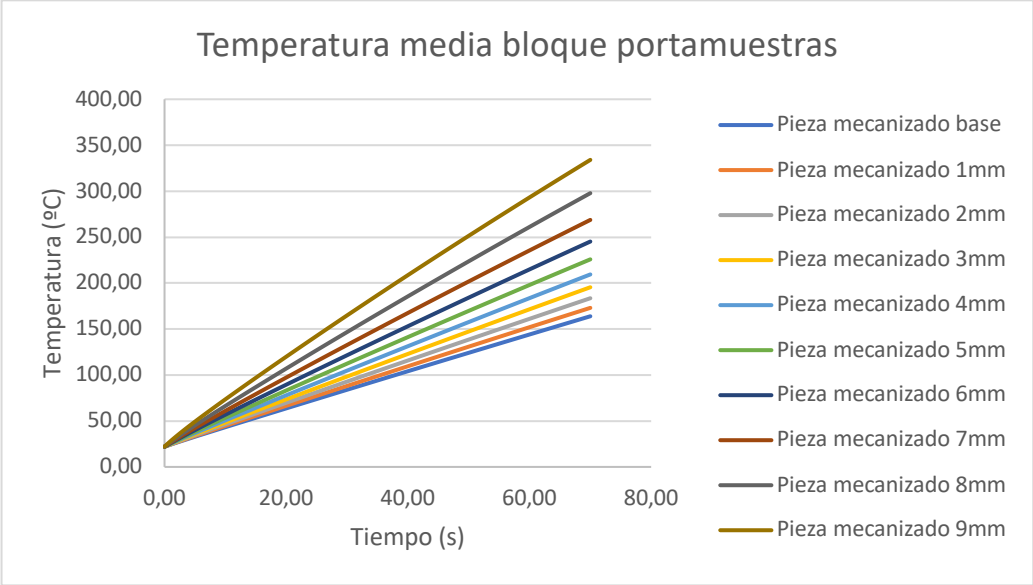


TABLA

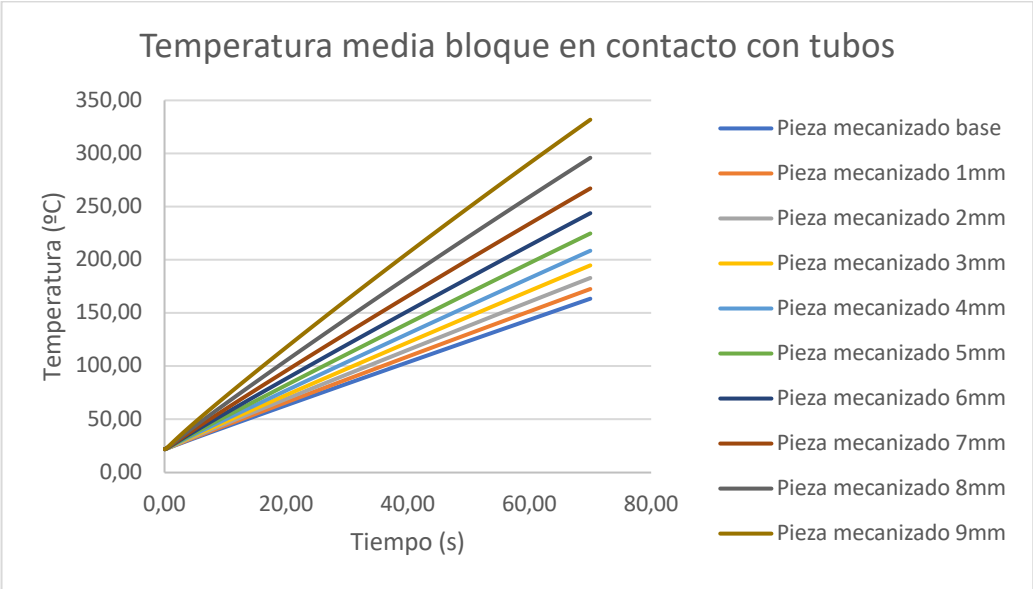
Versión pieza simulación	Tª bloque-tubo a 50s (°C)	Tª agua a 50s (°C)	$k = T^{\text{a}}_{\text{bloque}} / T^{\text{a}}_{\text{agua}}$
Pieza mecanizado base	123,7	118,7	1,04
Pieza mecanizado 1mm	130,4	125,0	1,04
Pieza mecanizado 2mm	138,0	132,3	1,04
Pieza mecanizado 3mm	146,7	140,5	1,04
Pieza mecanizado 4mm	156,8	150,2	1,04
Pieza mecanizado 5mm	168,8	161,6	1,04
Pieza mecanizado 6mm	182,9	175,0	1,04
Pieza mecanizado 7mm	200,2	191,6	1,05
Pieza mecanizado 8mm	221,9	212,2	1,05
Pieza mecanizado 9mm	249,2	238,4	1,05

GRÁFICAS

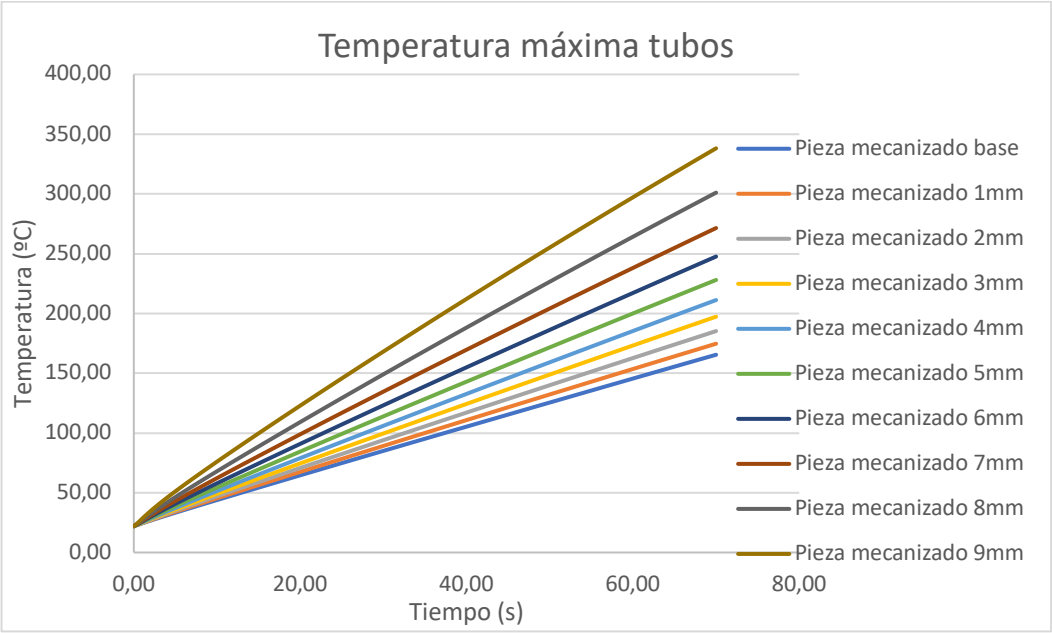
Bloque portamuestras



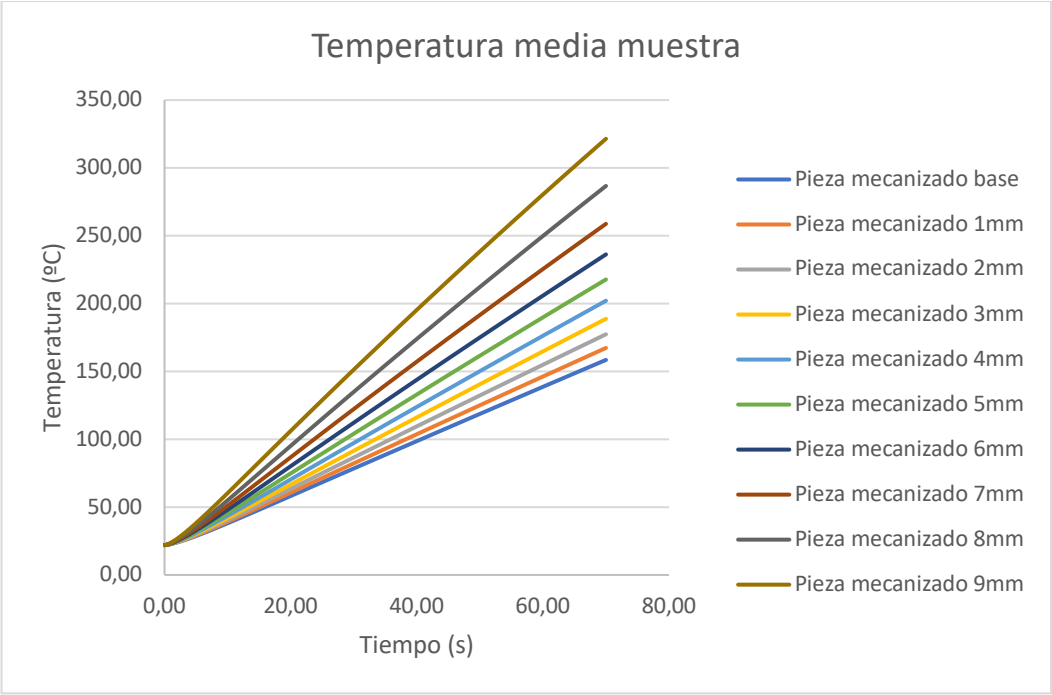
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



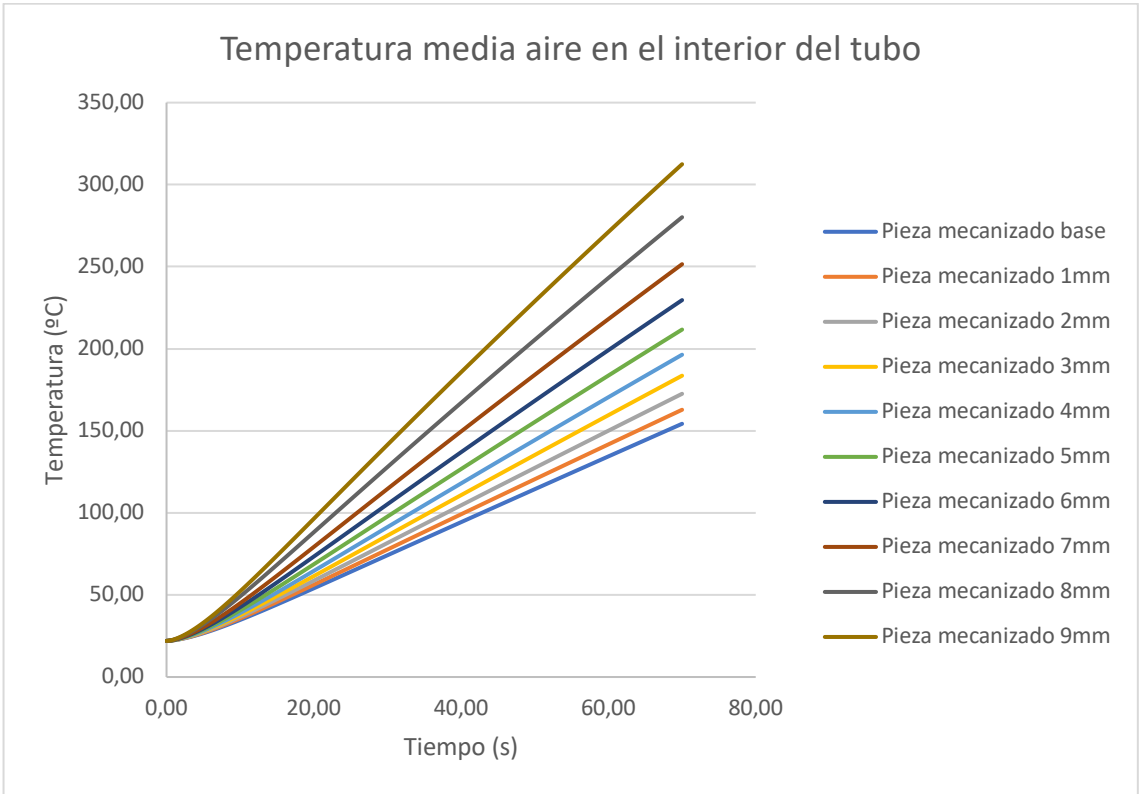
Tubos



Muestras



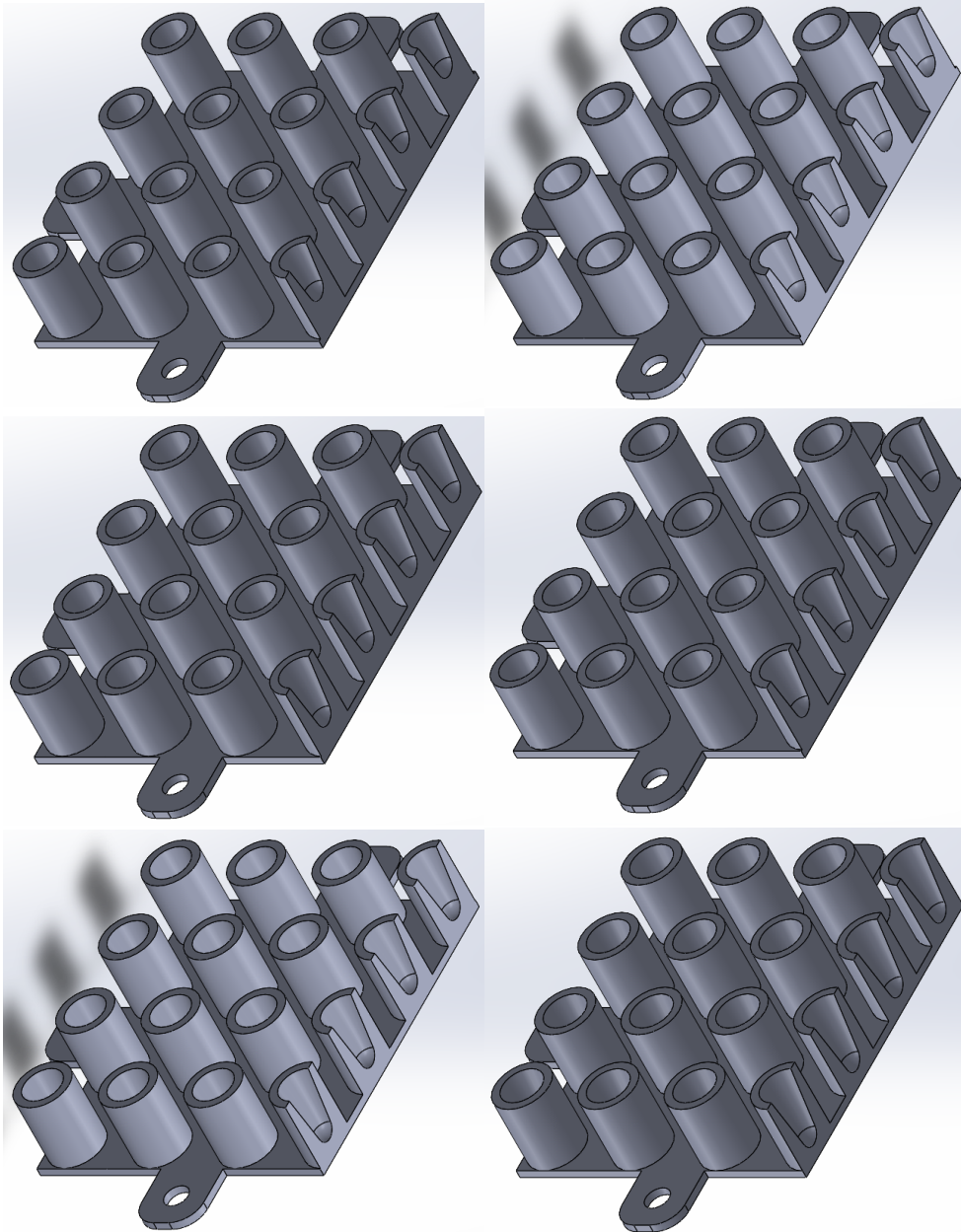
Aire interior de tubos



OPTIMIZACIÓN 2: VARIACIÓN PROFUNDIDAD TALADRADO
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 9MM

IMÁGENES

Pieza profundidad taladrado 6mm a profundidad taladrado 8,5mm



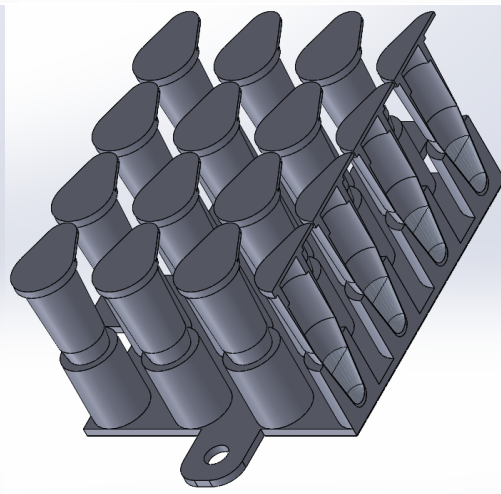
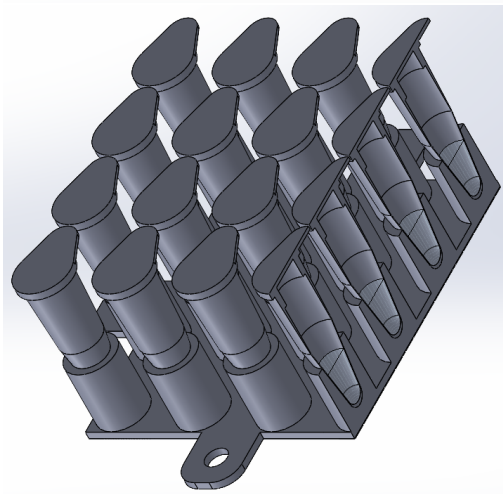
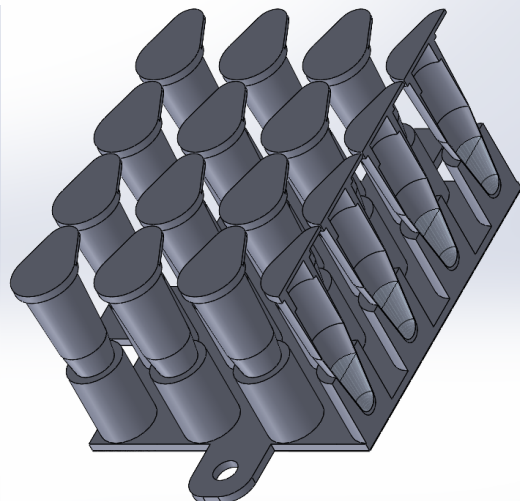
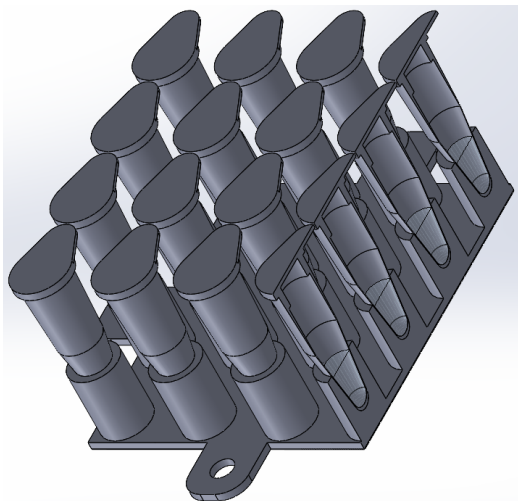
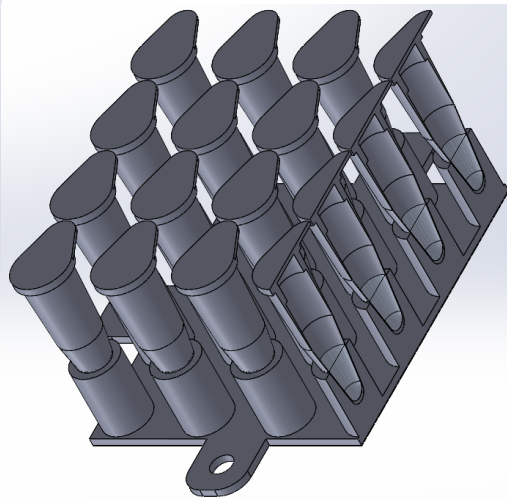
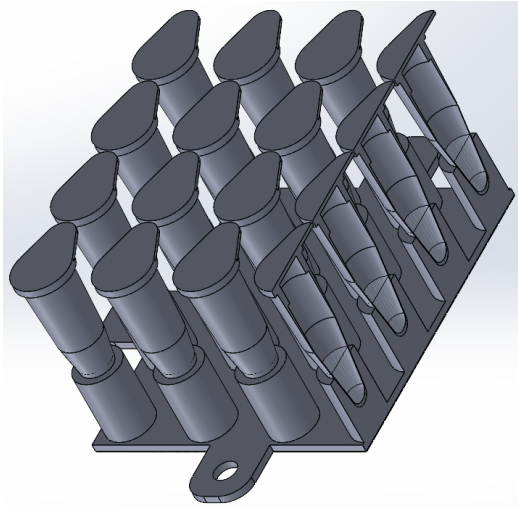
TABLA

Versión pieza	Profundidad taladro (mm)	Tª bloque-tubo a 30s (°C)	$k = T^{\circ}_{\text{bloque}} / T^{\circ}_{\text{agua}}$	Tª agua a 30s (°C)	°C/s corregido	Mejora (%)
Pieza mecanizado 9mm	6	209,52	1,07	195,25	6,25	0,0
	6,5	206,23	1,06	194,05	6,14	-1,8
	7	203,17	1,06	191,33	6,04	-3,4
	7,5	200,31	1,06	188,75	5,94	-4,9
	8	197,66	1,06	186,44	5,86	-6,3
	8,5	195,96	1,06	185,06	5,80	-7,2

RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 9MM

IMAGENES

Pieza profundidad taladrado 6mm a profundidad taladrado 8,5mm

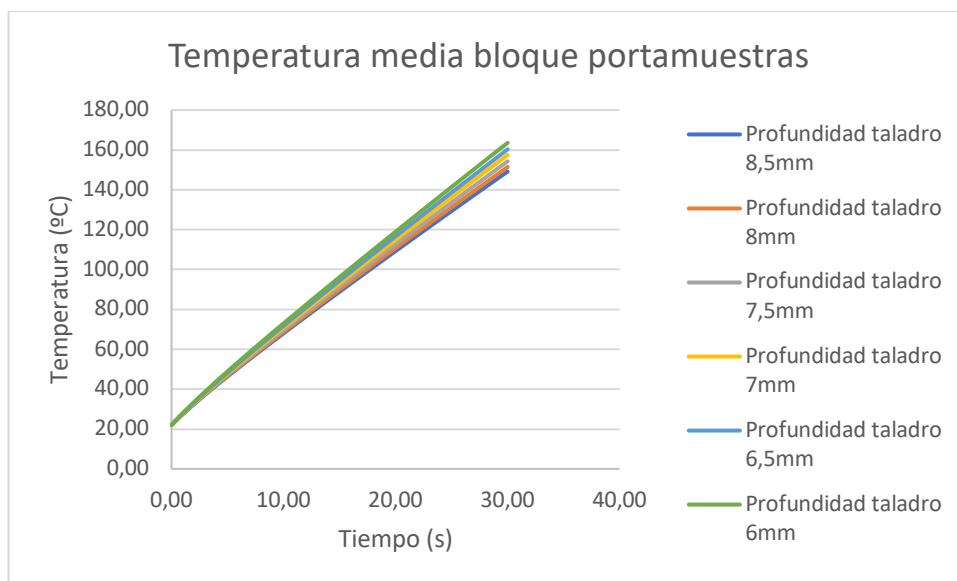


TABLA

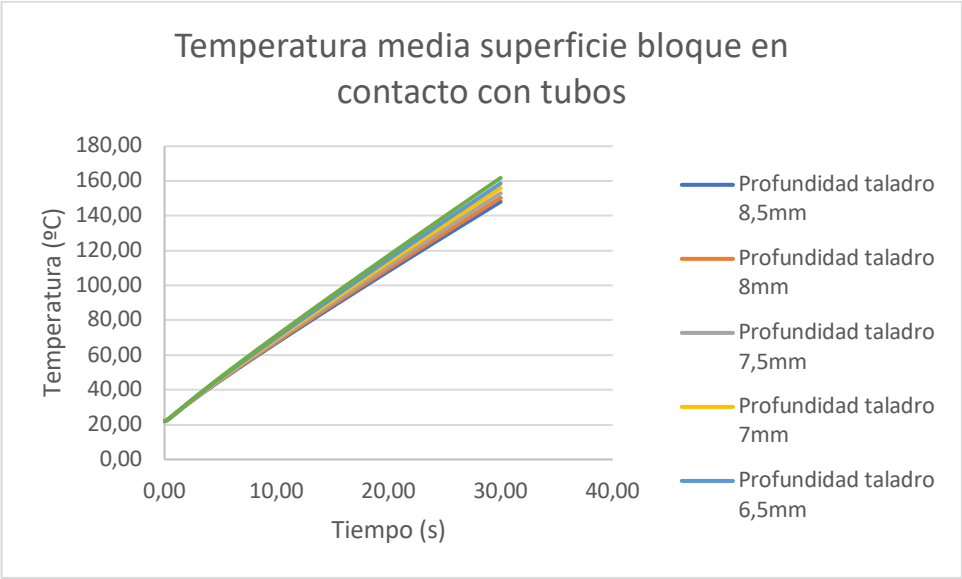
Versión pieza	Profundidad taladro (mm)	Tª bloque-tubo a 30s (°C)	Tª agua a 30s (°C)	k = Tbloque / Tagua
pieza mecanizado 9mm	6	161,78	150,76	1,07
	6,5	158,64	149,27	1,06
	7	155,96	146,87	1,06
	7,5	152,99	144,16	1,06
	8	150,3	141,77	1,06
	8,5	148,11	139,87	1,06

GRÁFICAS

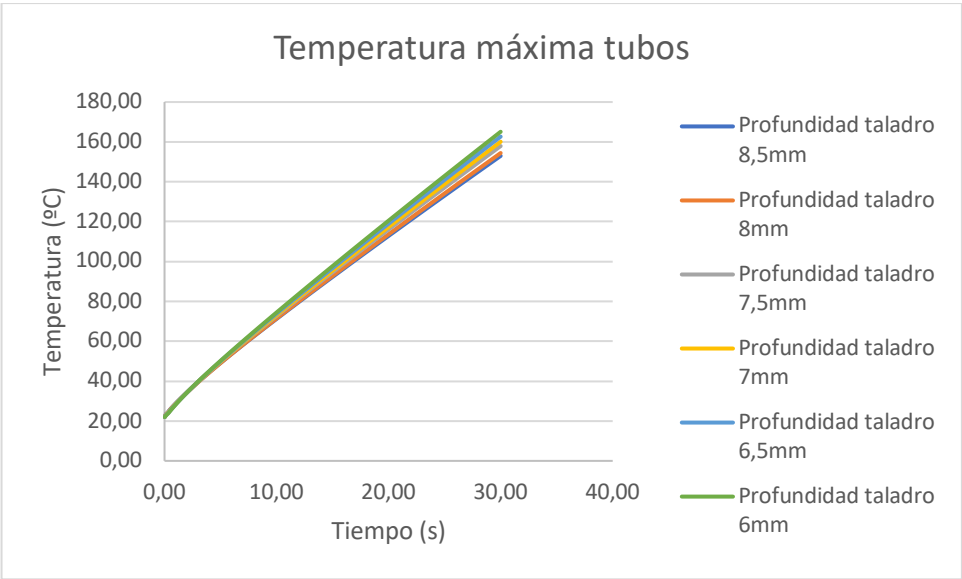
Bloque portamuestras



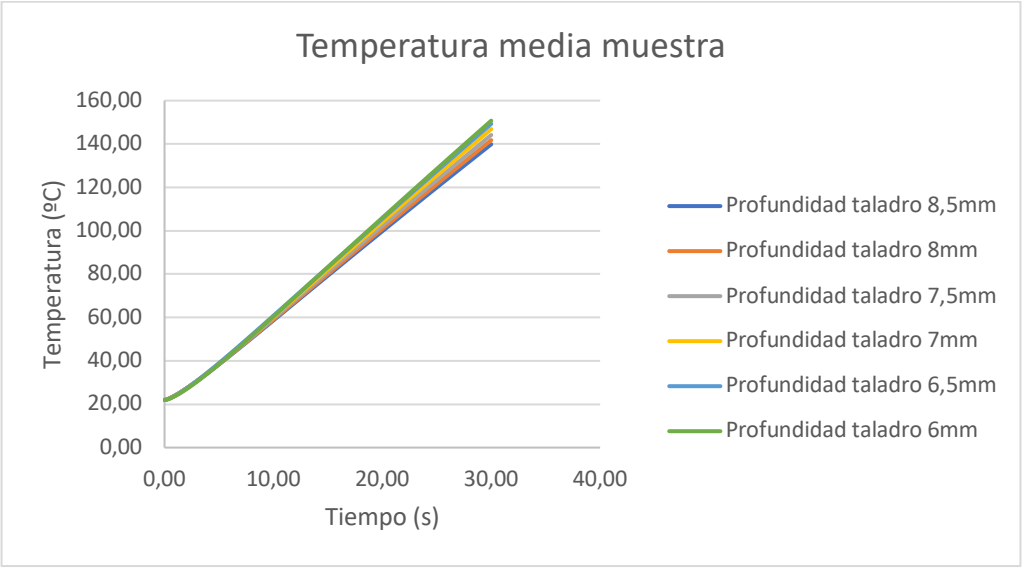
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



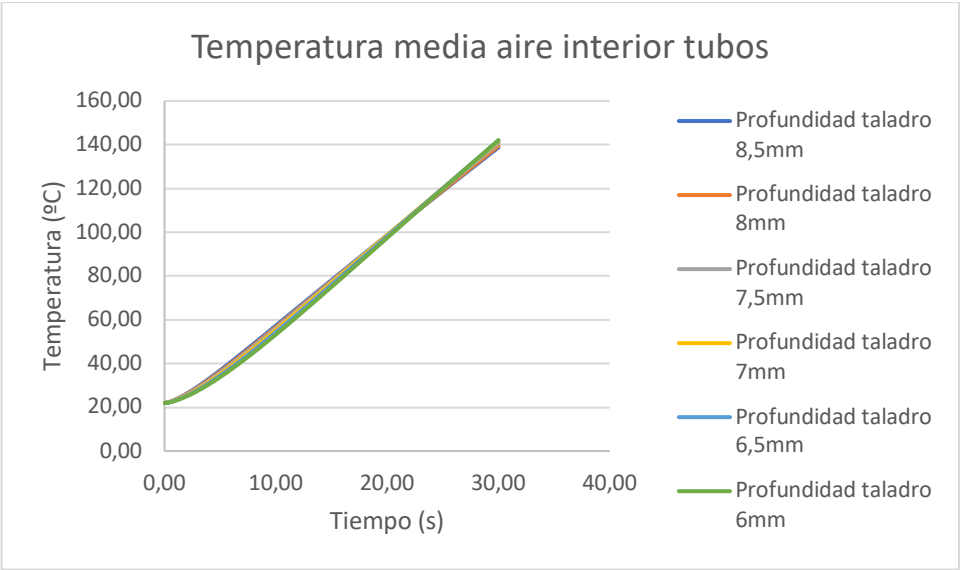
Tubos



Muestras



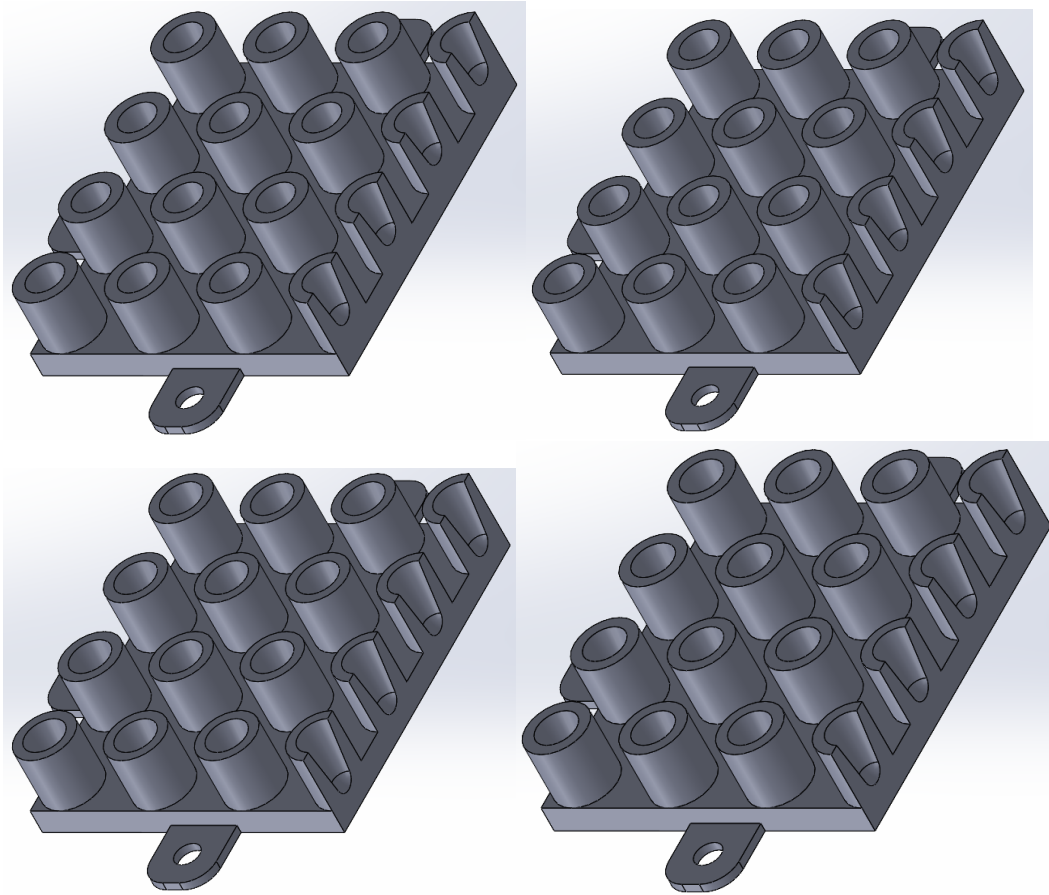
Aire interior de tubos

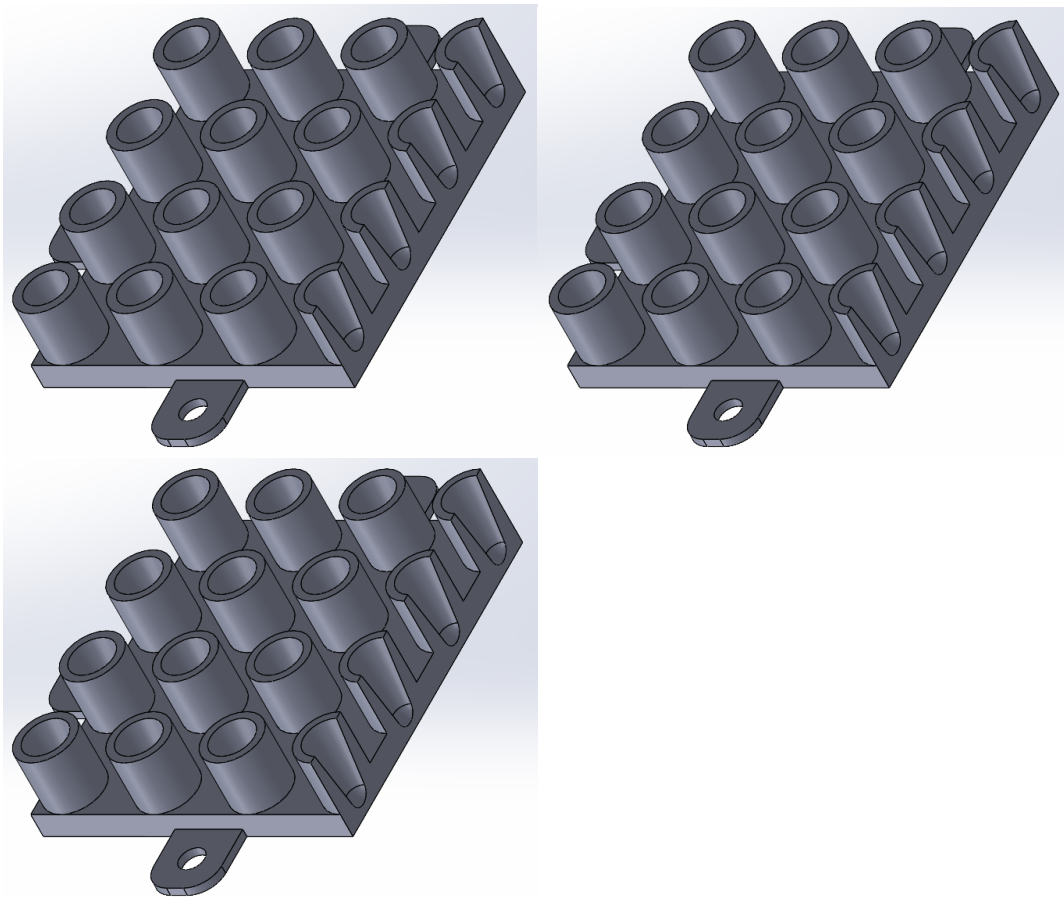


RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE.. PIEZA MECANIZADO 7MM

IMÁGENES

Pieza profundidad taladrado 6mm a profundidad de taladrado 9mm





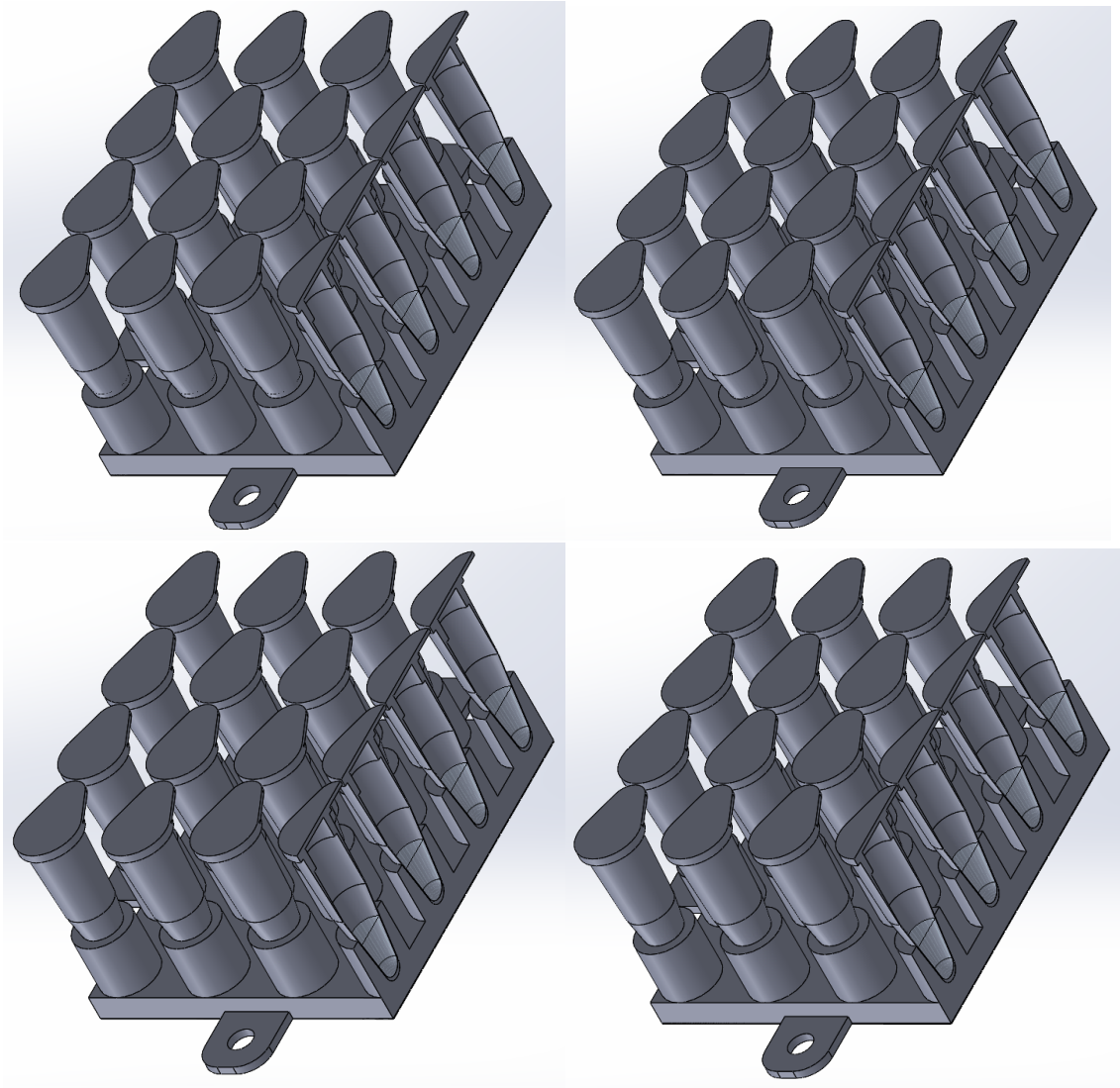
TABLA

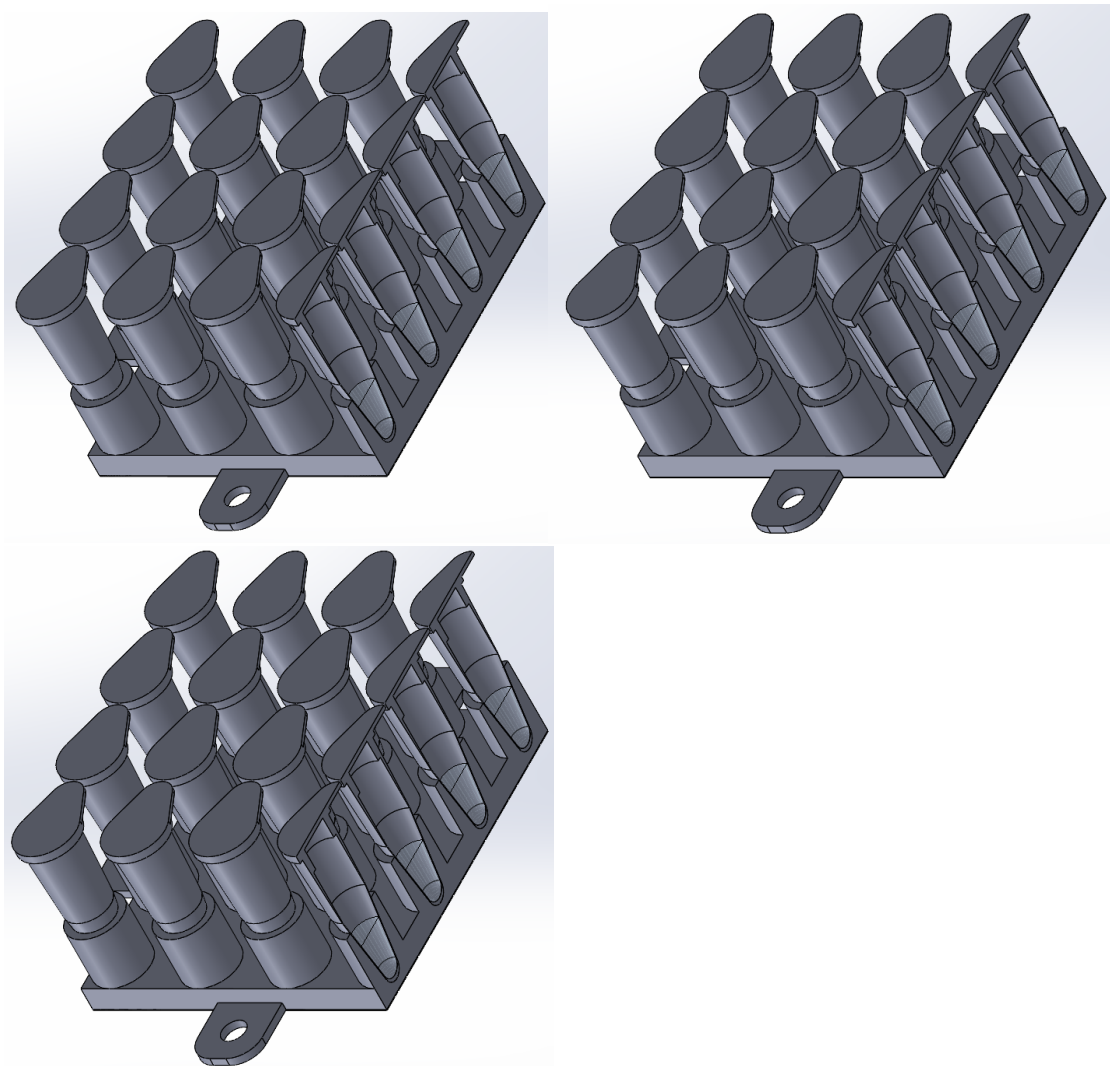
Versión pieza	Profundidad taladro (mm)	Tª bloque-tubo a 30s (°C)	$k = \frac{T^{\circ} \text{ bloque}}{T^{\circ} \text{ agua}}$	Tª agua a 30s (°C)	°C/s corregido	Mejora (%)
Pieza mecanizado 7mm	6	144,37	1,07	134,98	4,08	0,0
	6,5	146,06	1,06	137,64	4,14	1,4
	7	147,91	1,02	144,99	4,20	2,9
	7,5	149,99	1,02	147,08	4,27	4,6
	8	152,25	1,02	149,38	4,34	6,4
	8,5	154,75	1,02	152,00	4,43	8,5
	9	157,53	1,02	154,90	4,52	10,8

RESULTADOS SIMULACIÓN BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 7MM

IMAGENES

Pieza profundidad taladrado 6mm a profundidad taladrado 9mm



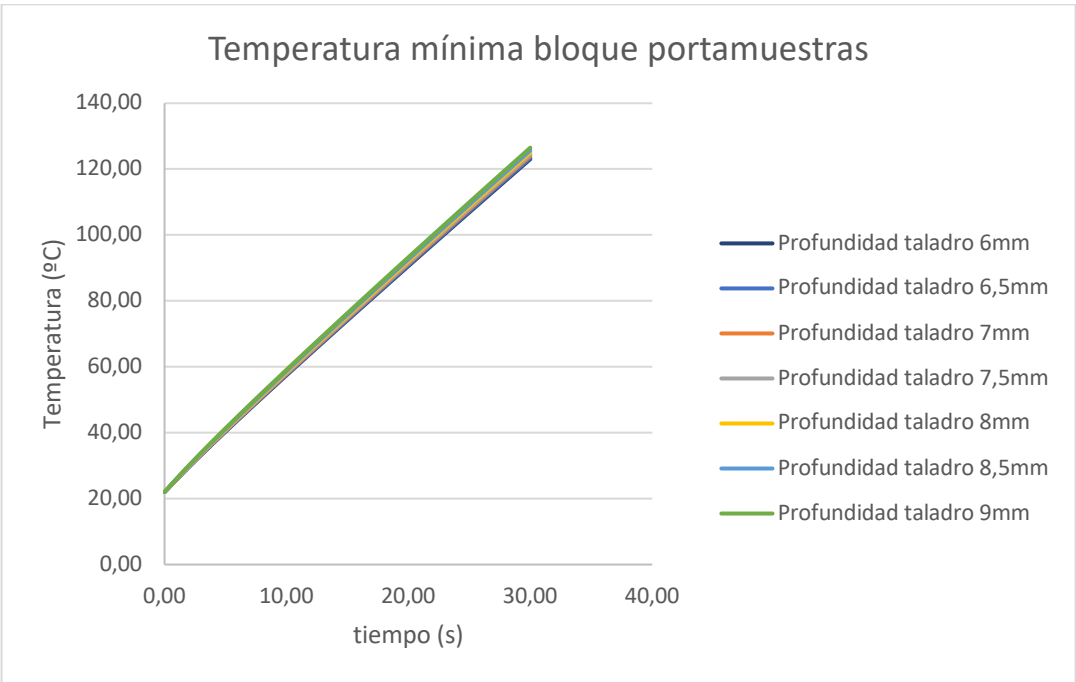


TABLA

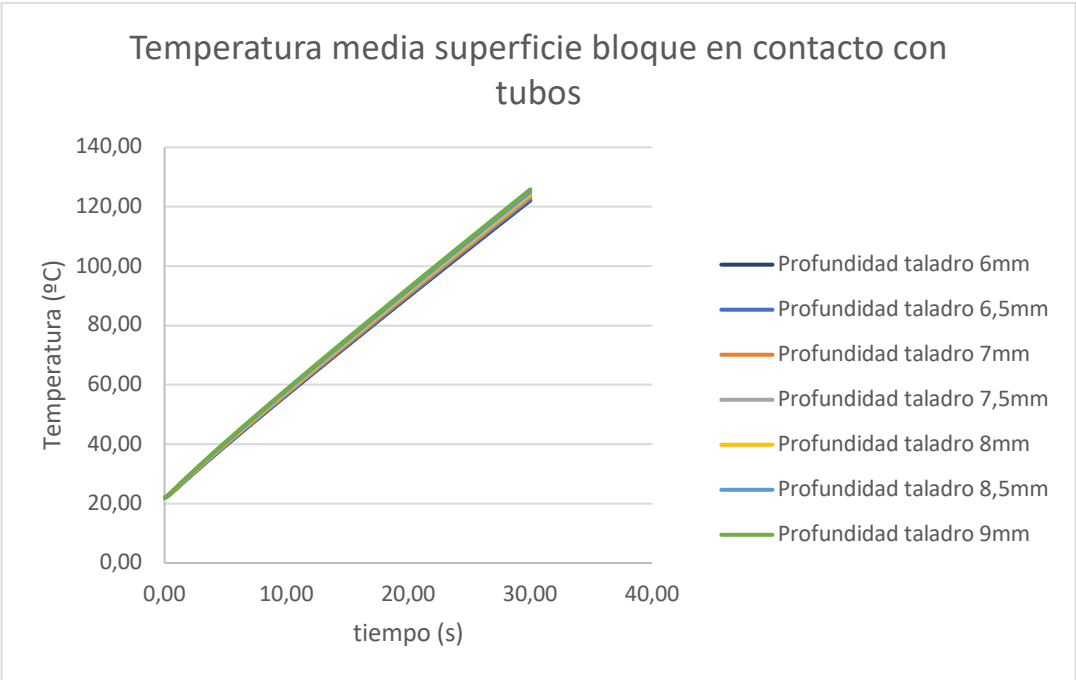
VERSION PIEZA	PROFUNDIDAD TALADRADO (mm)	Tª bloque- tubo a 30s (°C)	Tª agua a 30s (°C)	k = Tbloque / Tagua
pieza mecanizado 7mm	6	122,1	114,16	1,07
	6,5	122,51	115,45	1,06
	7	123,18	120,75	1,02
	7,5	123,66	121,26	1,02
	8	124,31	121,97	1,02
	8,5	124,95	122,73	1,02
	9	125,85	123,75	1,02

GRÁFICAS

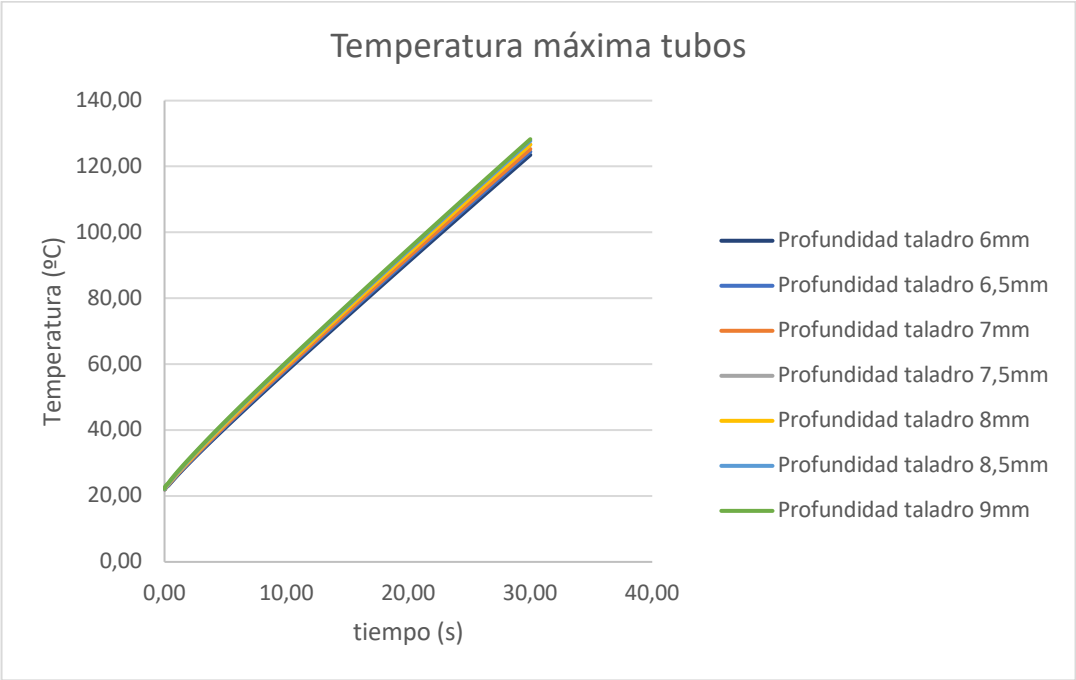
Bloque portamuestras



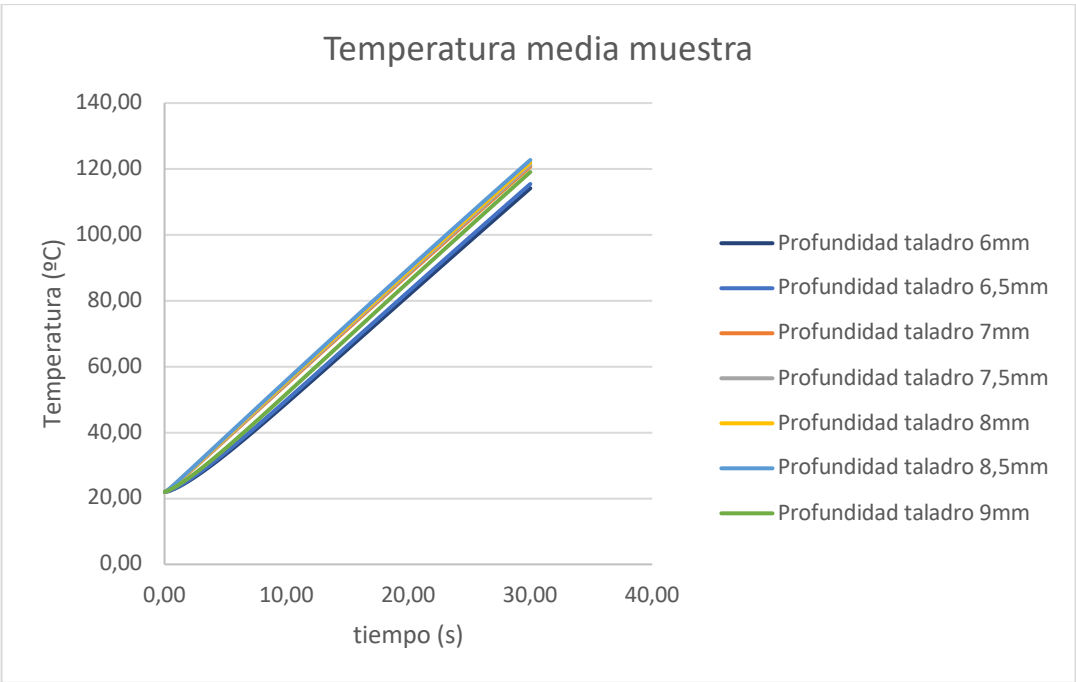
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



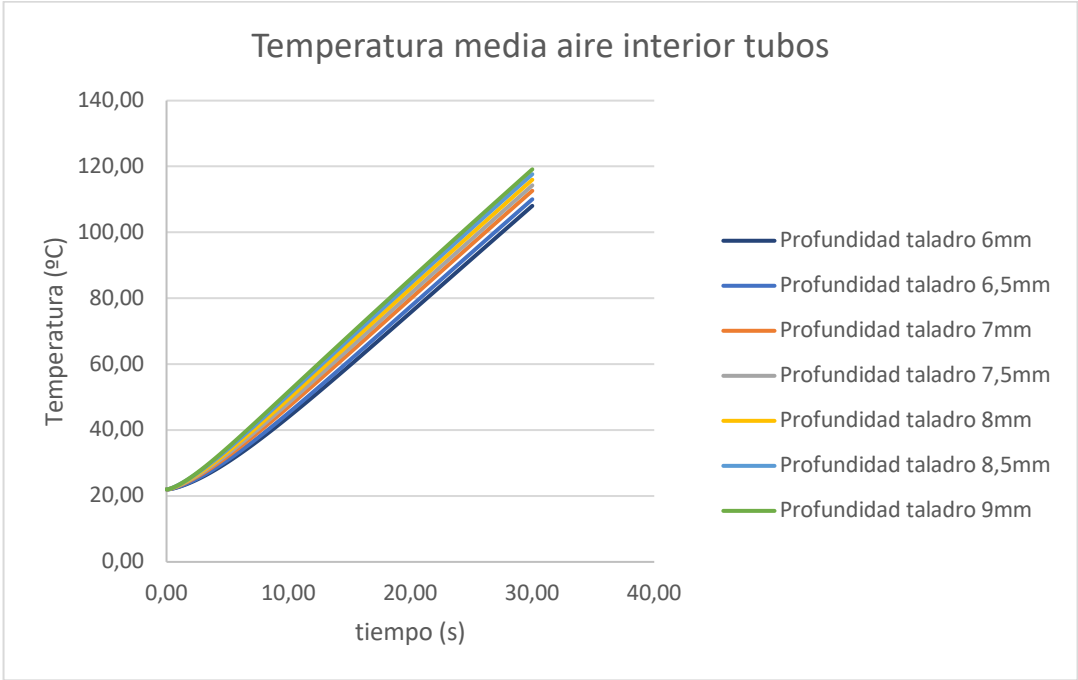
Tubos



Muestras



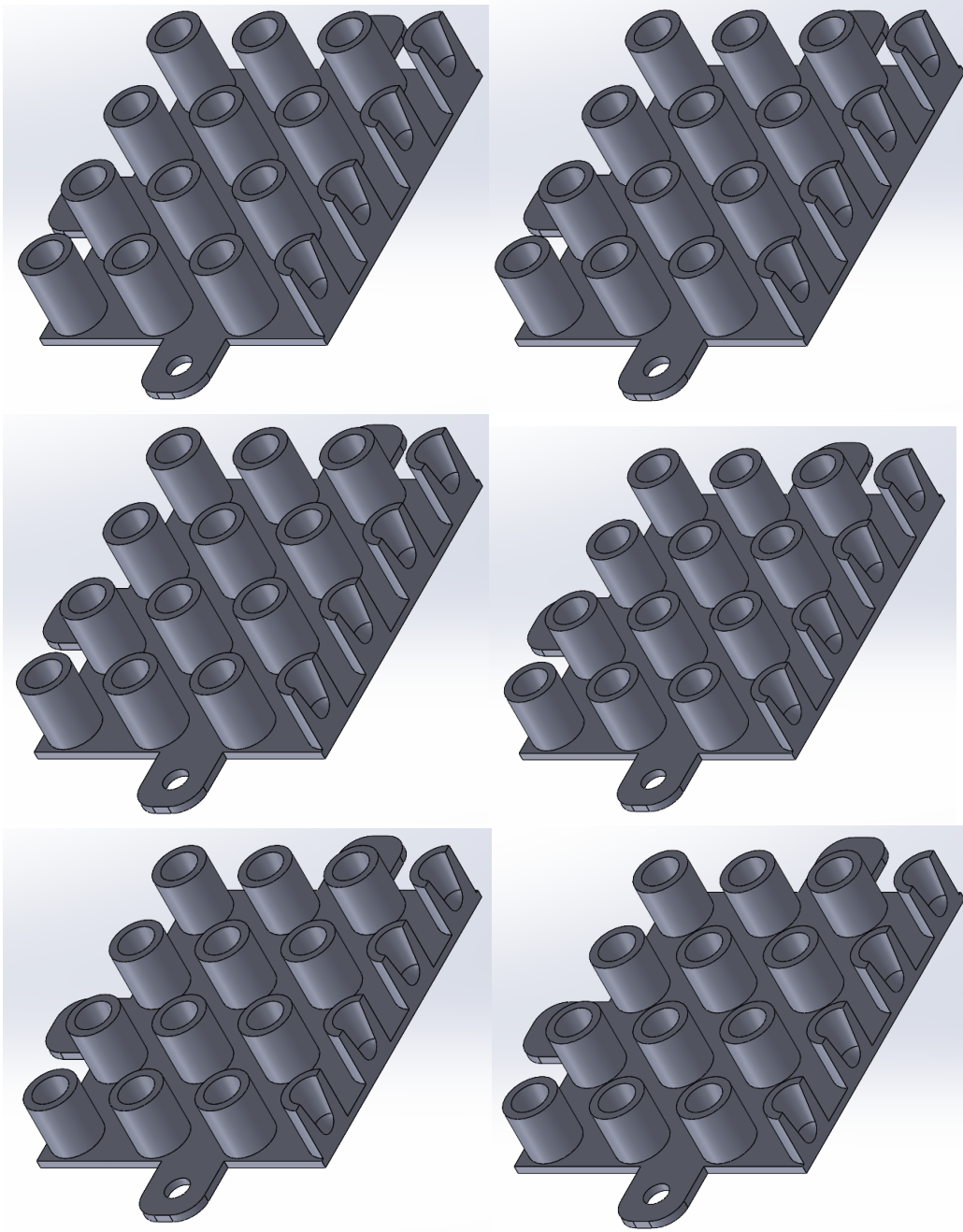
Aire interior de tubos



OPTIMIZACIÓN 3: VARIACIÓN ALTURA DE LA PIEZA
RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 9MM

IMÁGENES

Pieza altura 10mm a altura 7,5mm



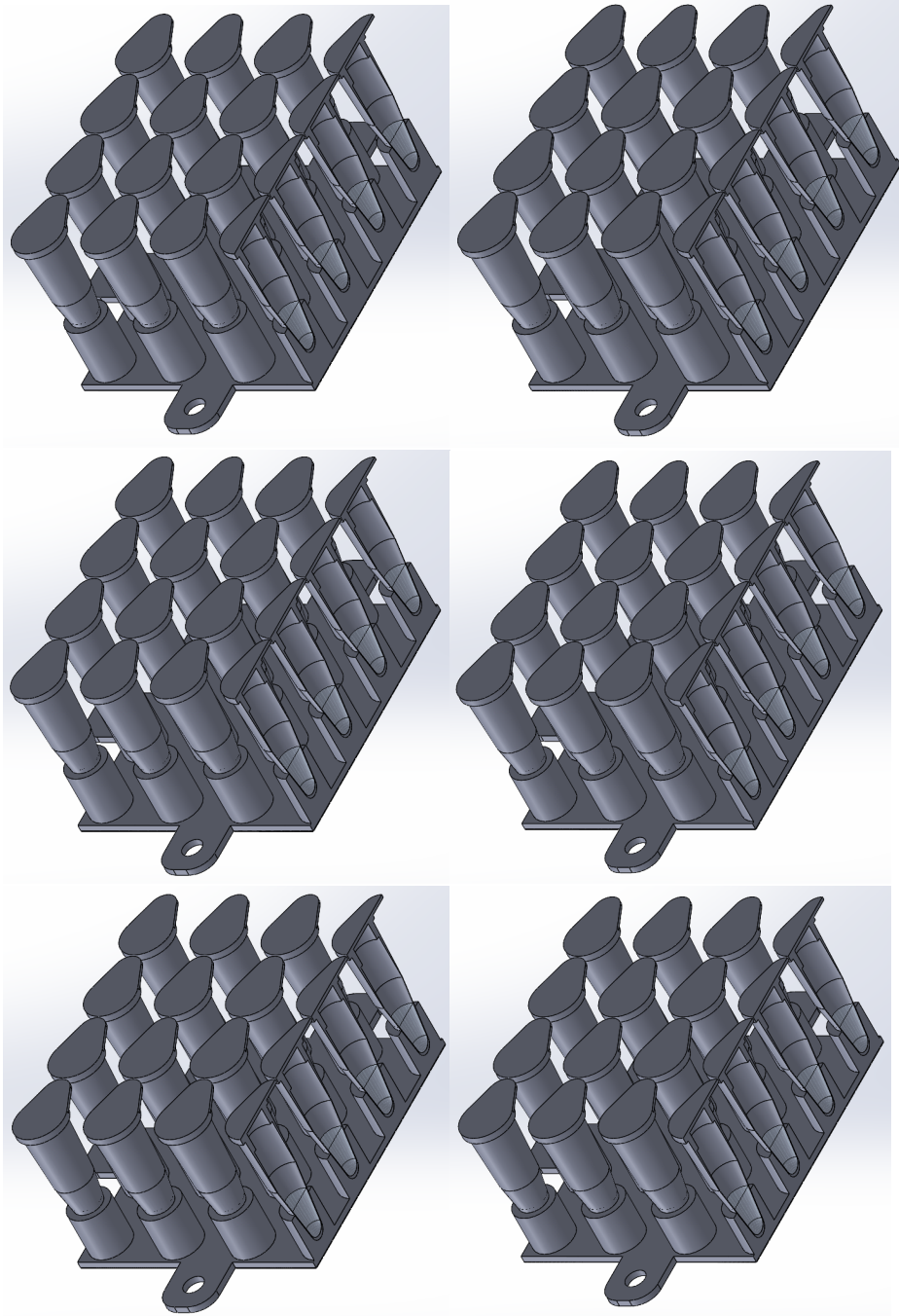
TABLA

Versión pieza	Altura pieza (mm)	Tª bloque- tubo a 30s (°C)	$k = T^{\text{a}}_{\text{bloque}} / T^{\text{a}}_{\text{agua}}$	Tª agua a 30s (°C)	°C/s corregido	Mejora (%)
Pieza mecanizado 9mm y profundidad taladro 6mm	10	210,2	1,07	195,98	6,27	0,00
	9,5	218,25	1,07	203,45	6,54	4,28
	9	227,85	1,07	212,33	6,86	9,38
	8,5	238,41	1,07	222,19	7,21	14,99
	8	250,07	1,07	232,99	7,60	21,18
	7,5	263,07	1,07	245,10	8,04	28,09

RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA
MECANIZADO 9MM

IMAGENES

Pieza altura 10mm a altura 7,5mm

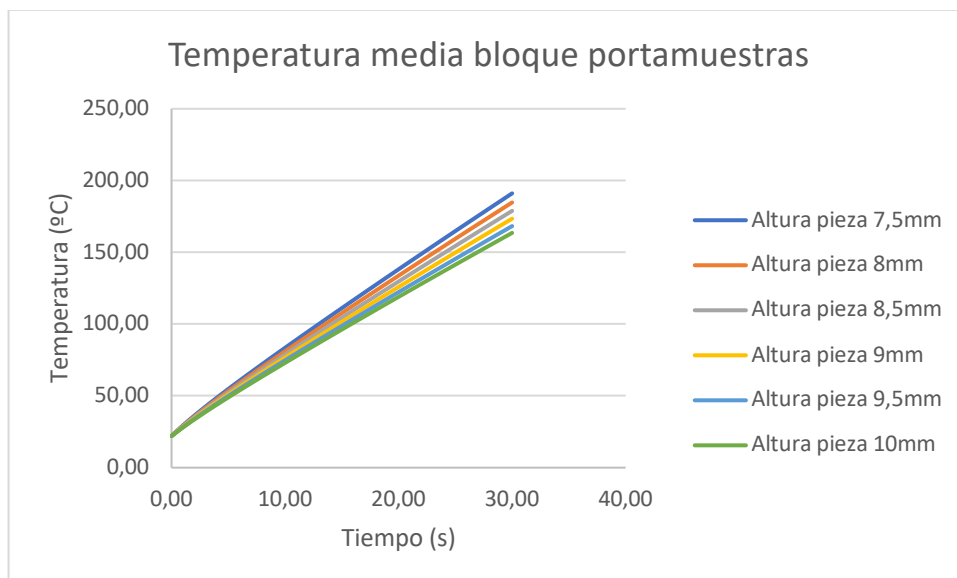


TABLA

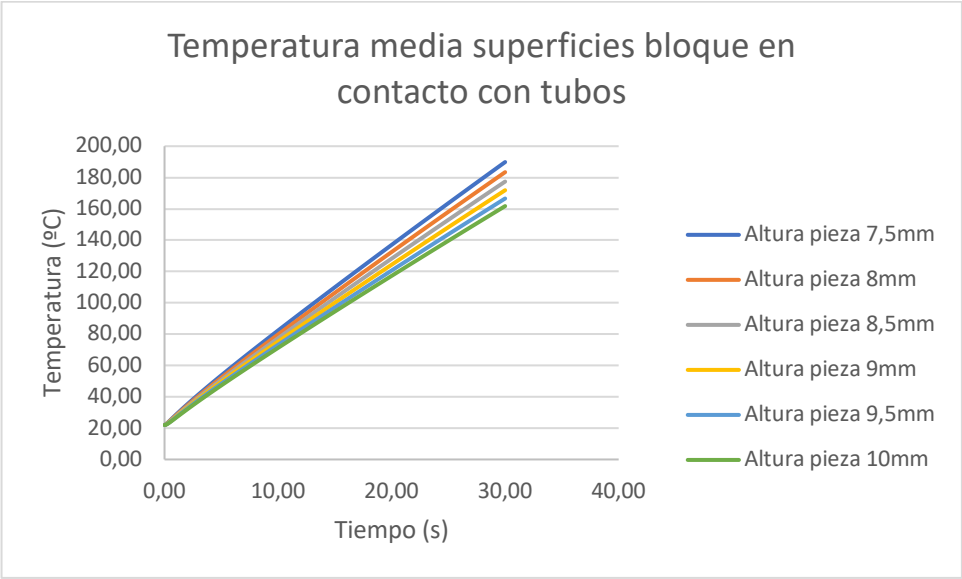
Versión pieza	Altura pieza (mm)	T bloque-tubo a 30s (°C)	T agua a 30s (°C)	k = Tbloque / Tagua
pieza mecanizado 9mm y profundidad taladro 6mm	10	161,77	150,83	1,07
	9,5	166,61	155,31	1,07
	9	171,9	160,19	1,07
	8,5	177,43	165,36	1,07
	8	183,43	170,9	1,07
	7,5	189,88	176,91	1,07

GRÁFICAS

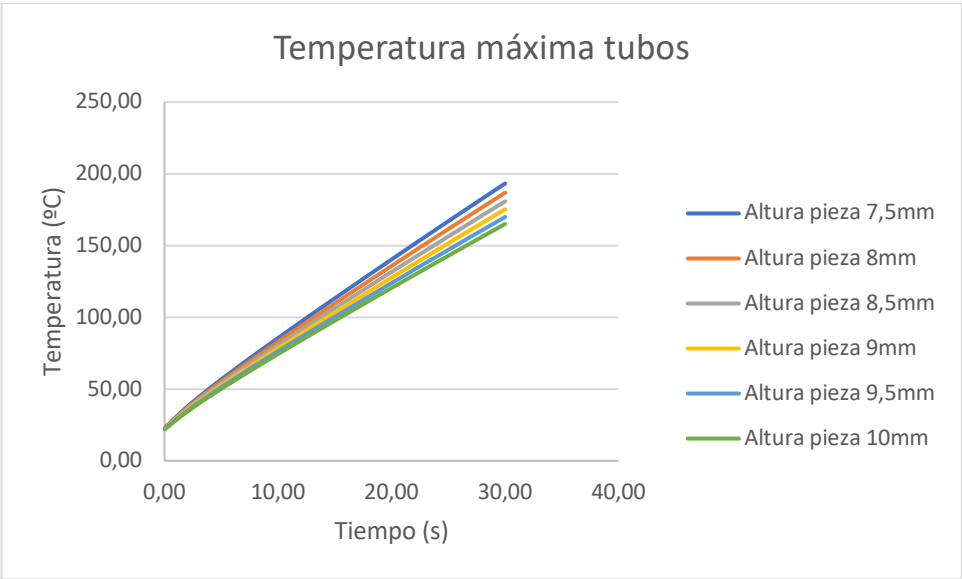
Bloque portamuestras



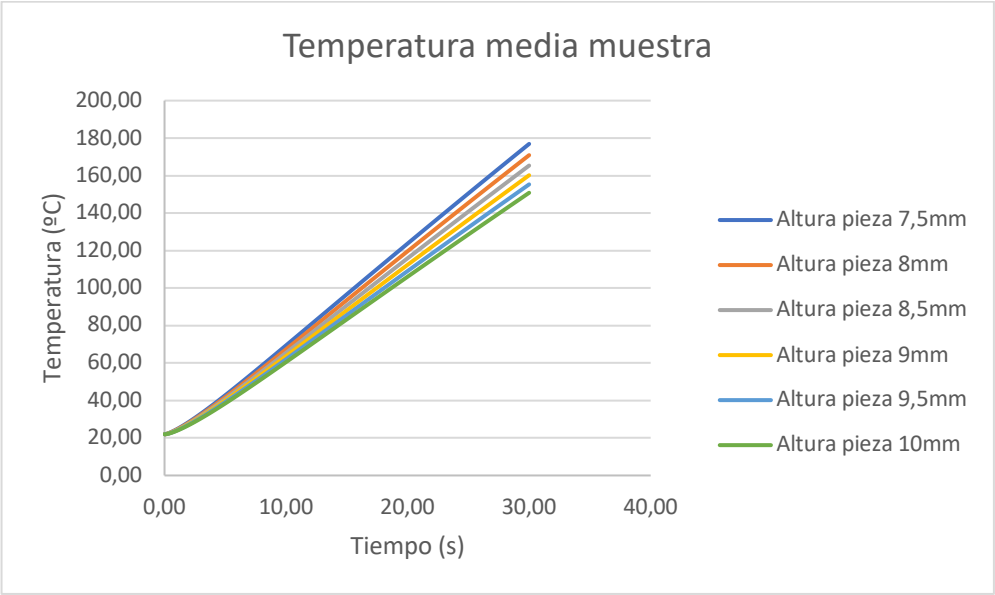
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



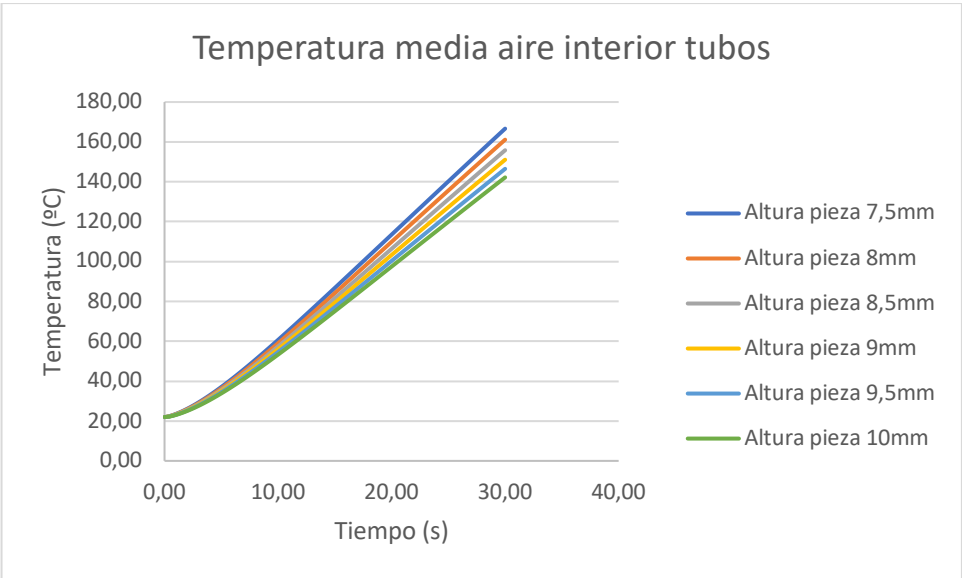
Tubos



Muestras



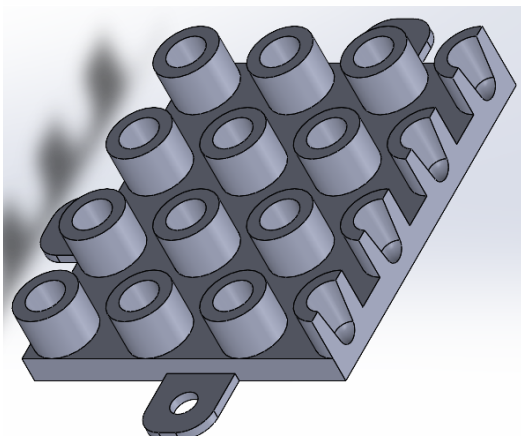
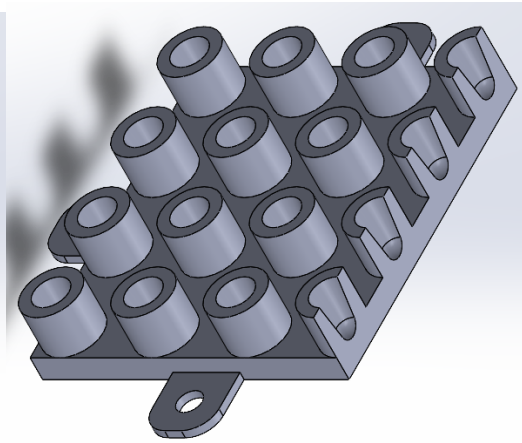
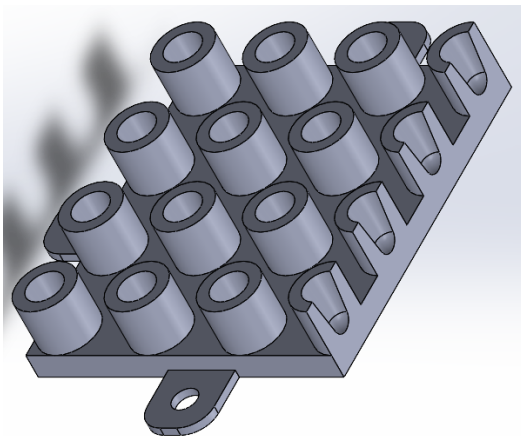
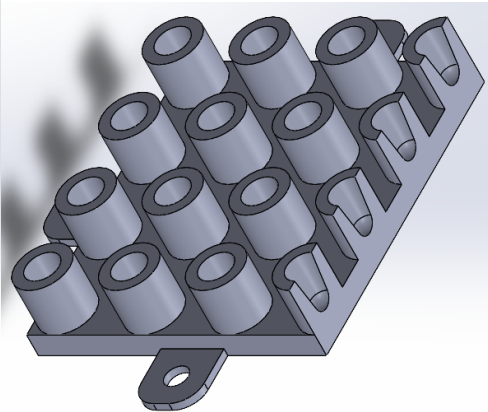
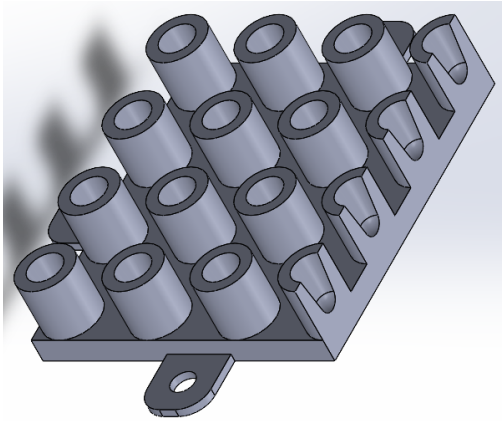
Aire interior de tubos



RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE. PIEZA MECANIZADO 7MM

IMÁGENES

Pieza altura 10mm a altura 8mm



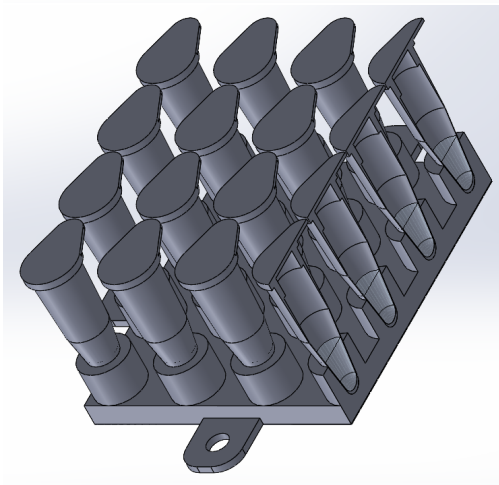
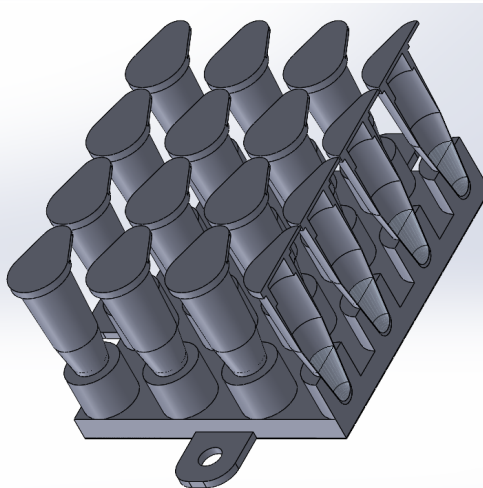
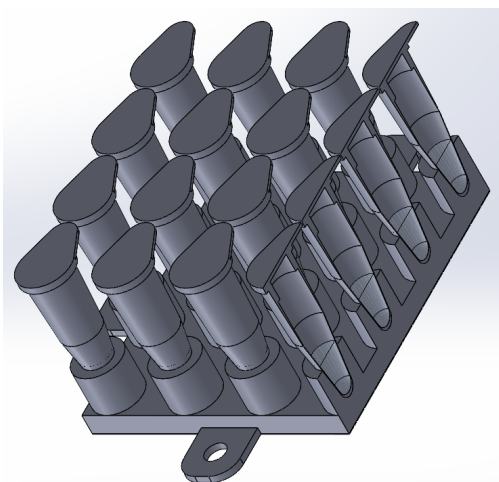
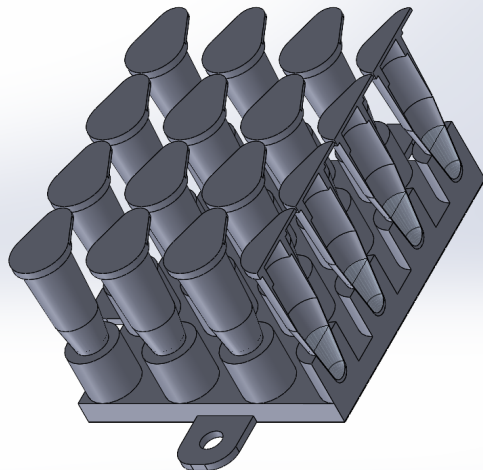
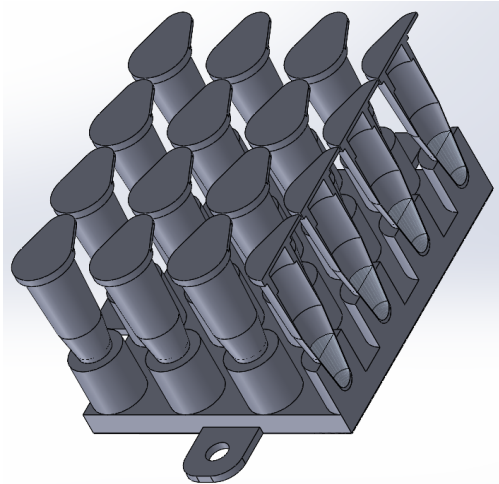
TABLA

Versión pieza	Altura pieza (mm)	Tª bloque- tubo a 30s (°C)	$k = \frac{T^a_{\text{bloque}}}{T^a_{\text{agua}}}$	Tª agua a 30s (°C)	°C/s corregido	Mejora (%)
Pieza mecanizado 7mm y profundidad taladro 6mm	10	158,92	1,15	137,91	4,56	0,00
	9,5	163,51	1,15	142,14	4,72	3,35
	9	168,32	1,15	146,78	4,88	6,87
	8,5	173,52	1,14	151,80	5,05	10,66
	8	179,08	1,14	157,21	5,24	14,72

RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA MECANIZADO 7MM

IMAGENES

Pieza altura 10mm a altura 8mm

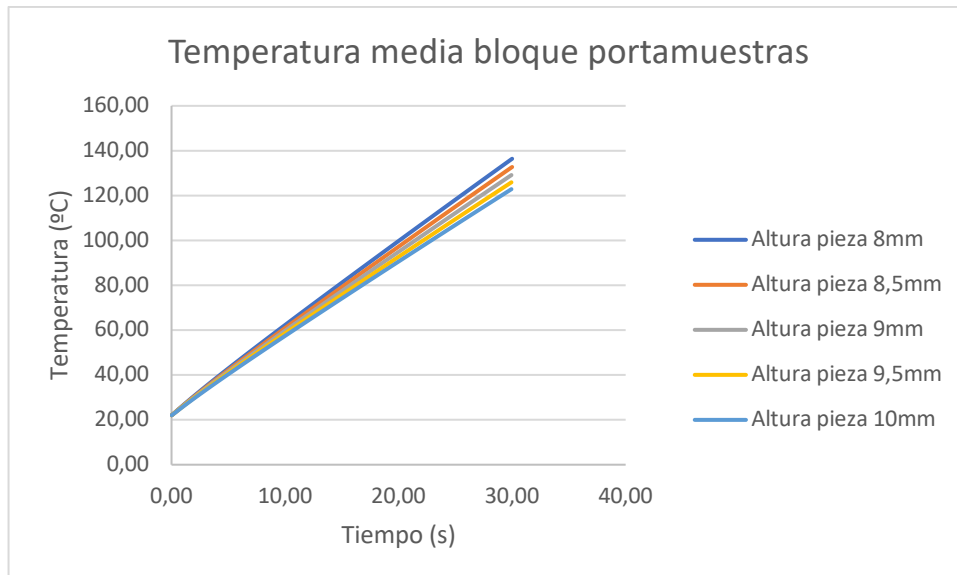


TABLA

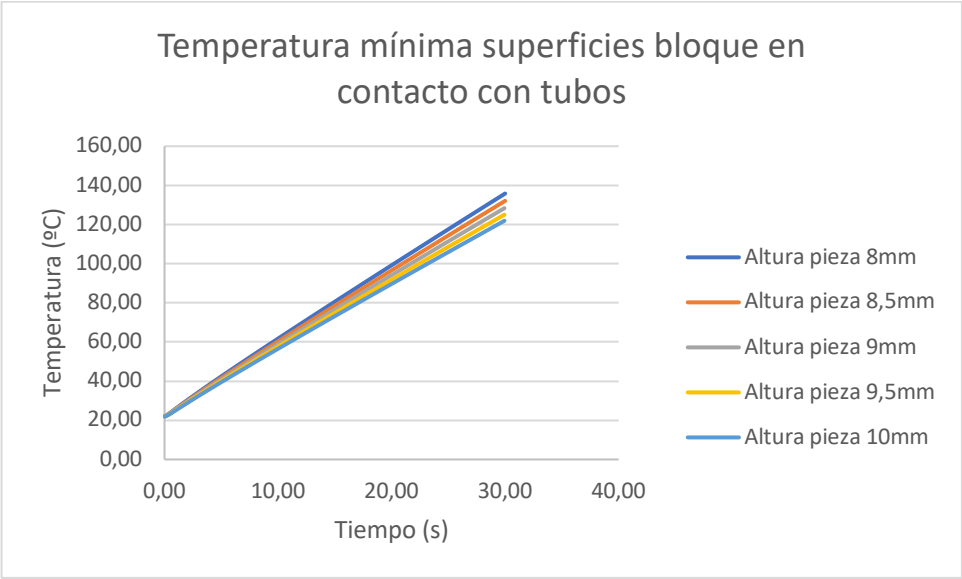
VERSION PIEZA	ALTURA PIEZA (mm)	T bloque-tubo a 30s (°C)	T agua a 30s (°C)	$k = T_{\text{bloque}} / T_{\text{agua}}$
pieza mecanizado 7mm y profundidad taladro 6mm	10	122,1	114,03	1,07
	9,5	125,23	116,93	1,07
	9	128,55	120,02	1,07
	8,5	132,08	123,27	1,07
	8	135,83	126,75	1,07

GRÁFICAS

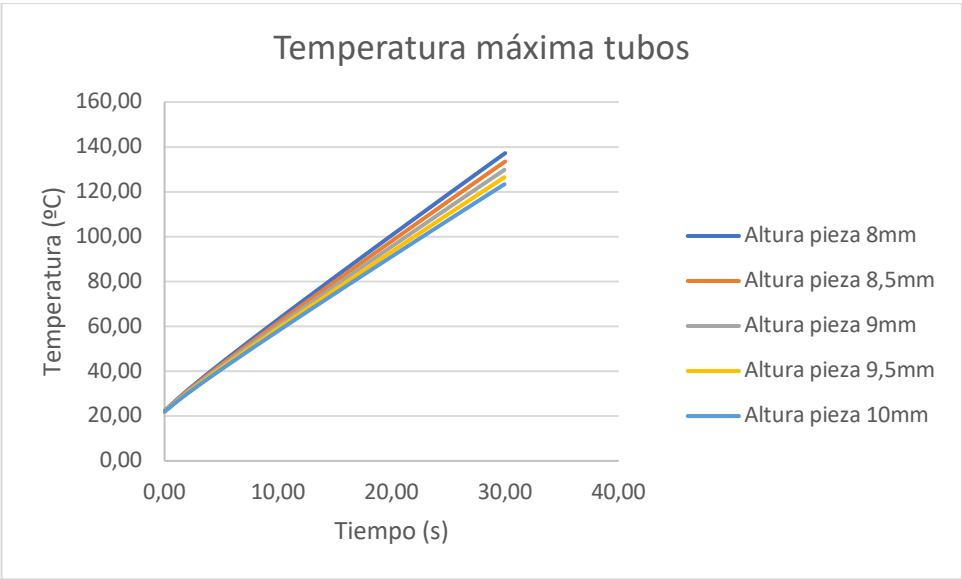
Bloque portamuestras



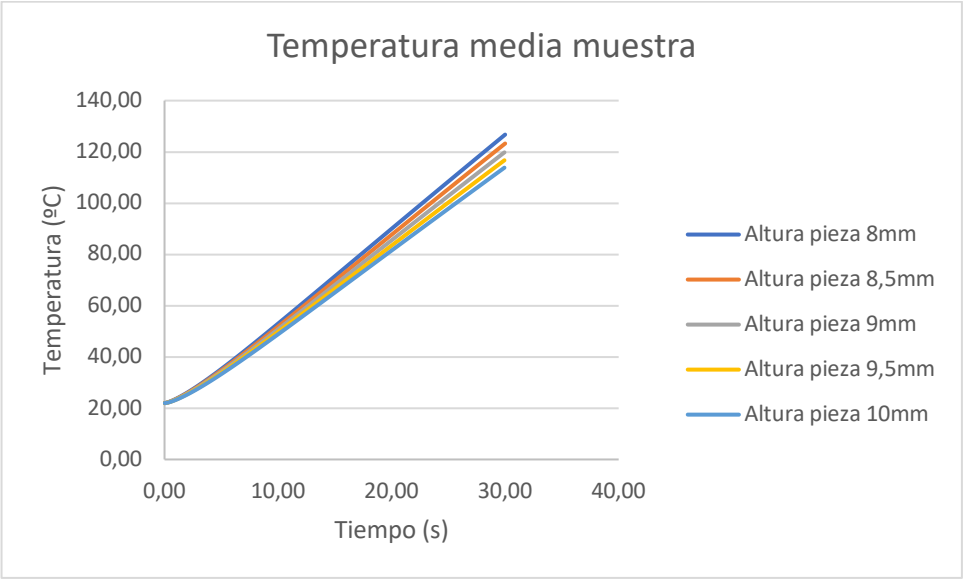
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



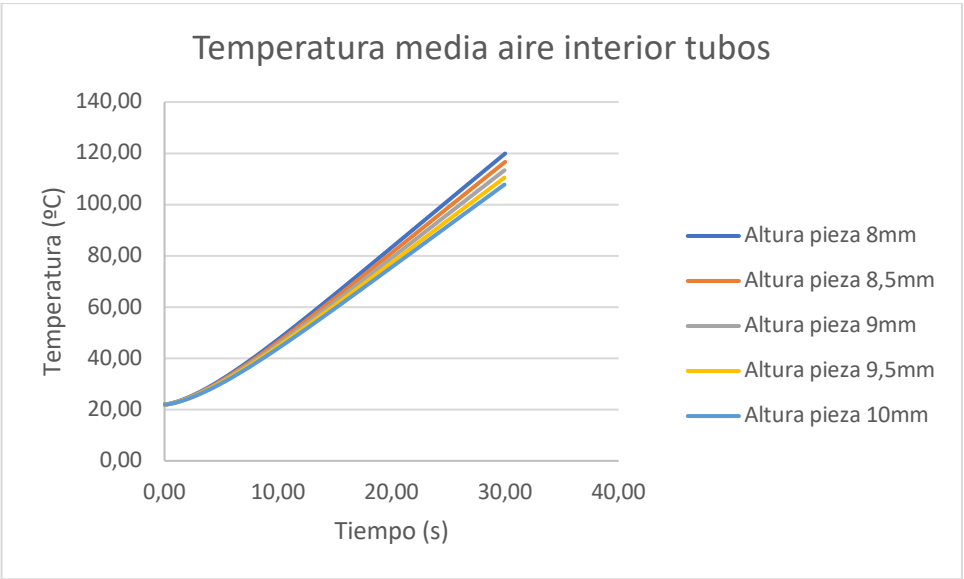
Tubos



Muestras



Aire interior de tubos

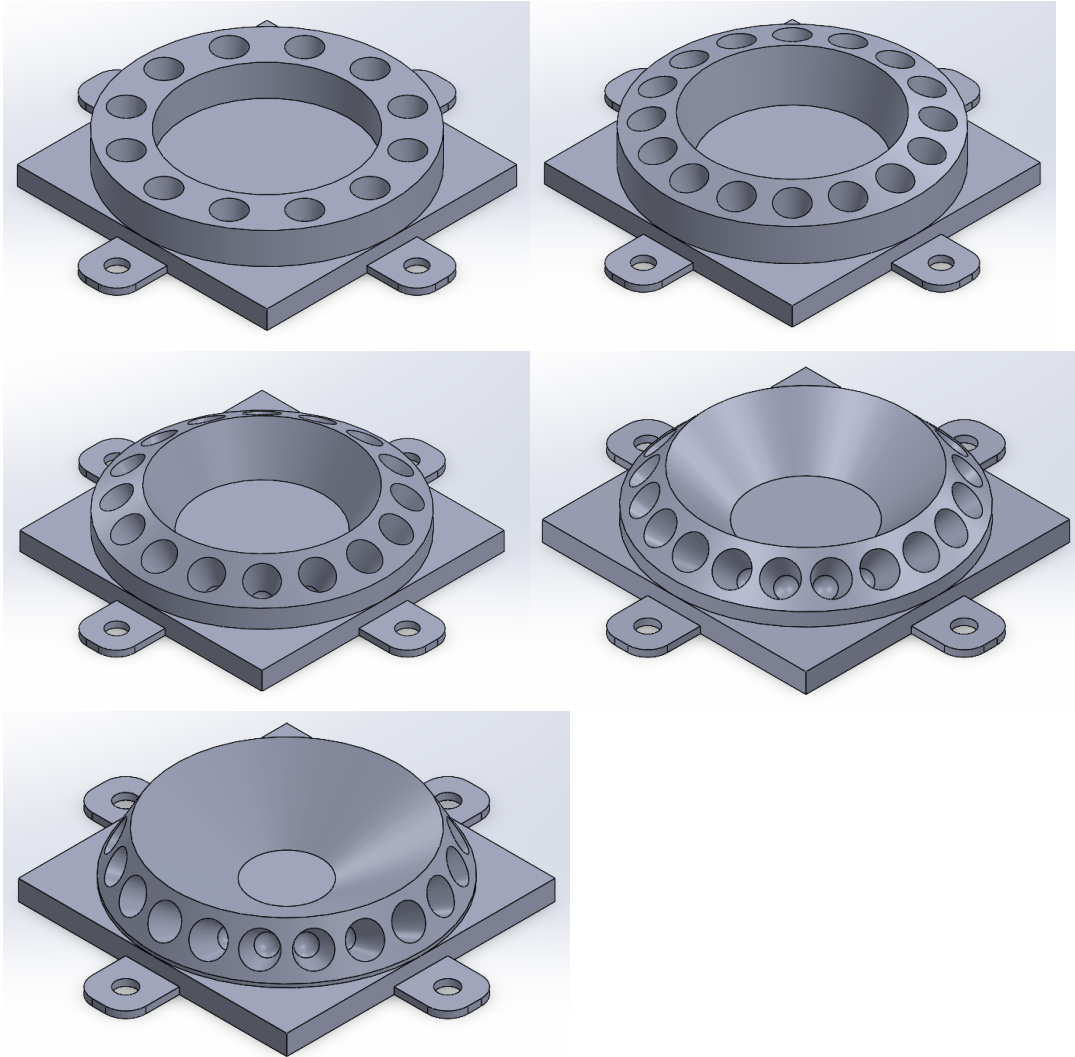


OPTIMIZACIÓN 4: DISPOSICIÓN CILINDRICA

RESULTADOS SIMULACIÓN SOLO BLOQUE

IMÁGENES

Pieza inclinación 90º, 75º, 60º, 45º y 30º respectivamente



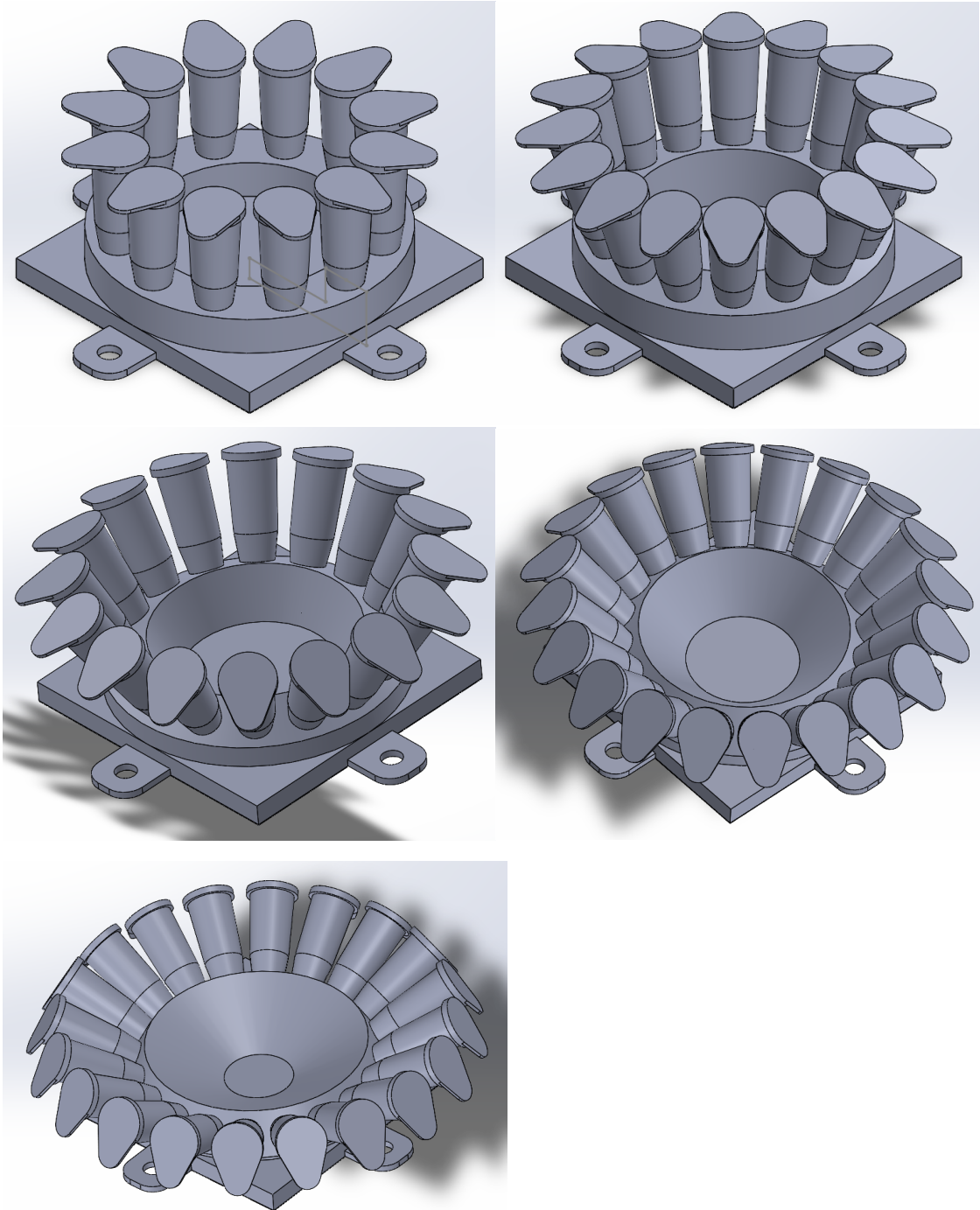
TABLA

Versión pieza	Inclinación pieza (º)	Nº muestras	Tª bloque-tubo a 30s (ºC)	k = Tbloque / Tagua	Tª agua a 30s (ºC)	ºC/s corregido	% mejora
Profundidad taladro 7mm y base de espesor 3mm	90	12	155,52	1,07	145,88	4,13	0,00
	75	16	142,09	1,06	133,75	3,73	-9,79
	60	16	154,7	1,06	145,76	4,13	-0,09
	45	20	153,44	1,06	144,65	4,09	-0,99
	30	20	152,75	1,06	144,18	4,07	-1,37

RESULTADOS SIMULACIÓN ENSAMBLAJE BLOQUE + TUBOS + MUESTRA. PIEZA
MECANIZADO 7MM

IMAGENES

Pieza inclinación 90°, 75°, 60°, 45° y 30° respectivamente

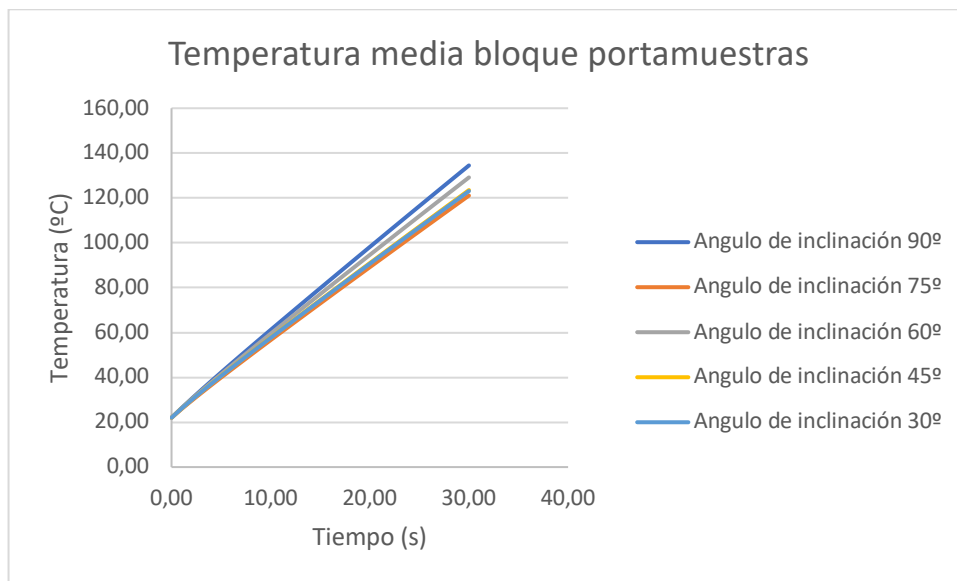


TABLA

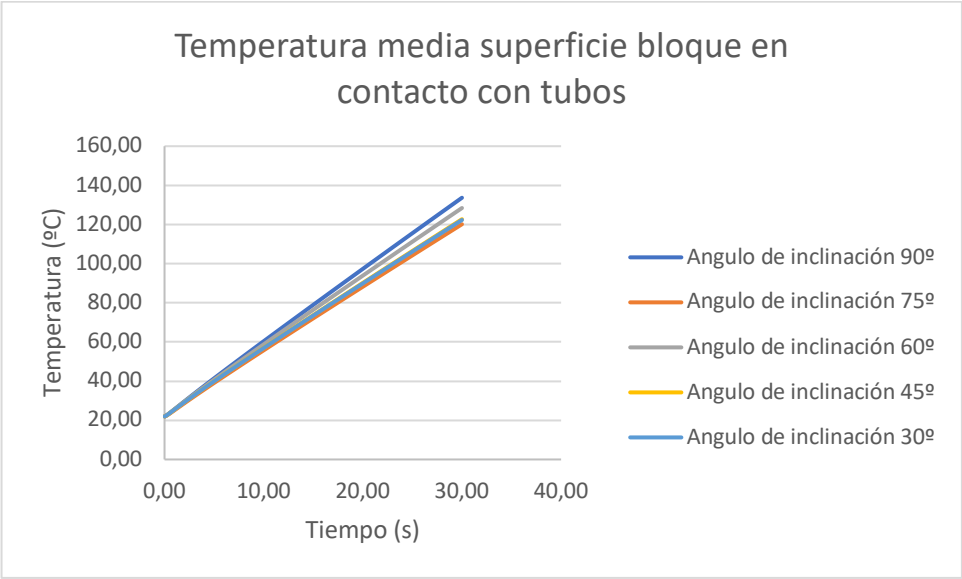
Versión pieza	Inclinación pieza (°)	Nº Muestras	T bloque-tubo a 30s (°C)	T agua a 30s (°C)	k = Tbloque / Tagua
7mm y espesor de la base 3mm	90	12	133,68	125,39	1,07
	75	16	120,15	113,1	1,06
	60	16	128,43	121,01	1,06
	45	20	122,72	115,69	1,06
	30	20	122,32	115,46	1,06

GRÁFICAS

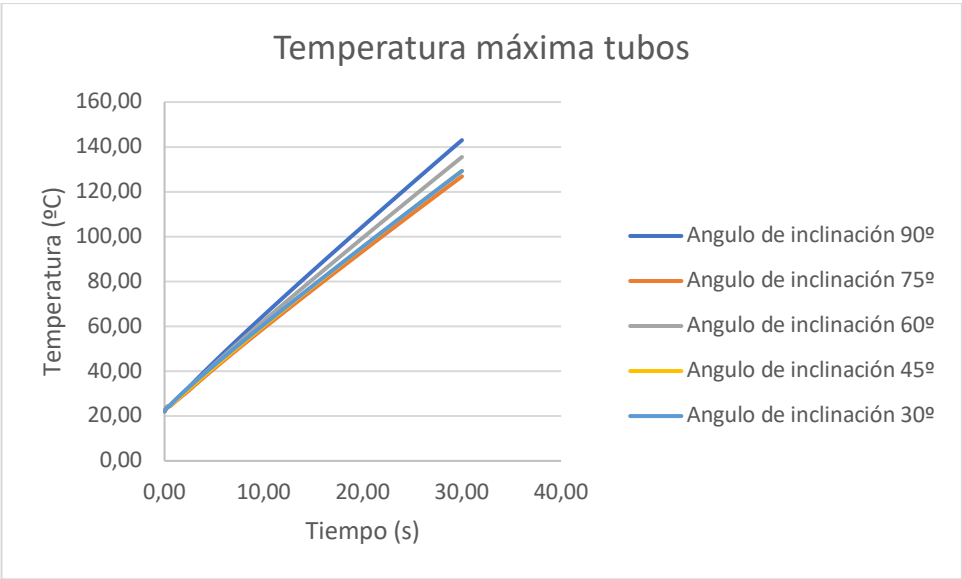
Bloque portamuestras



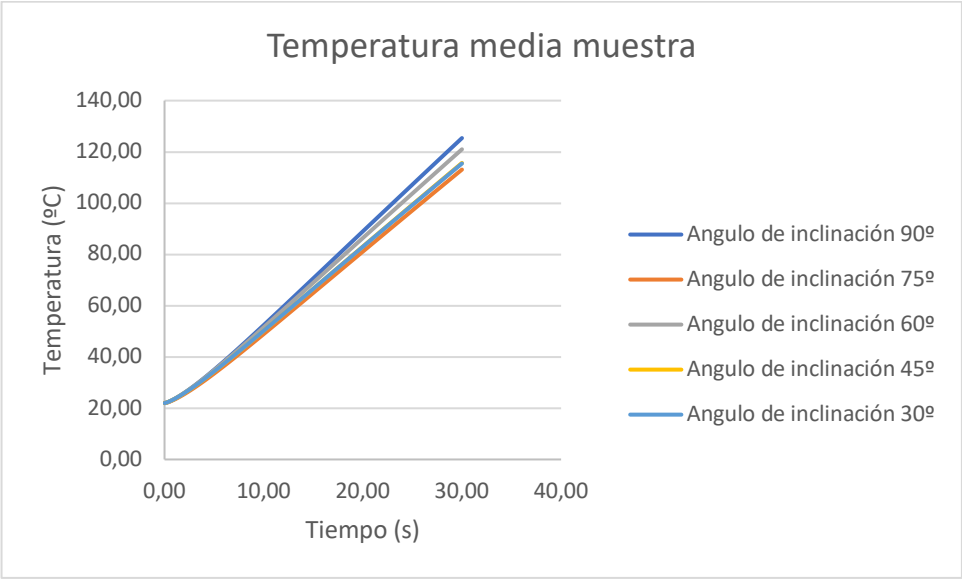
Superficies bloque portamuestras en contacto con tubos



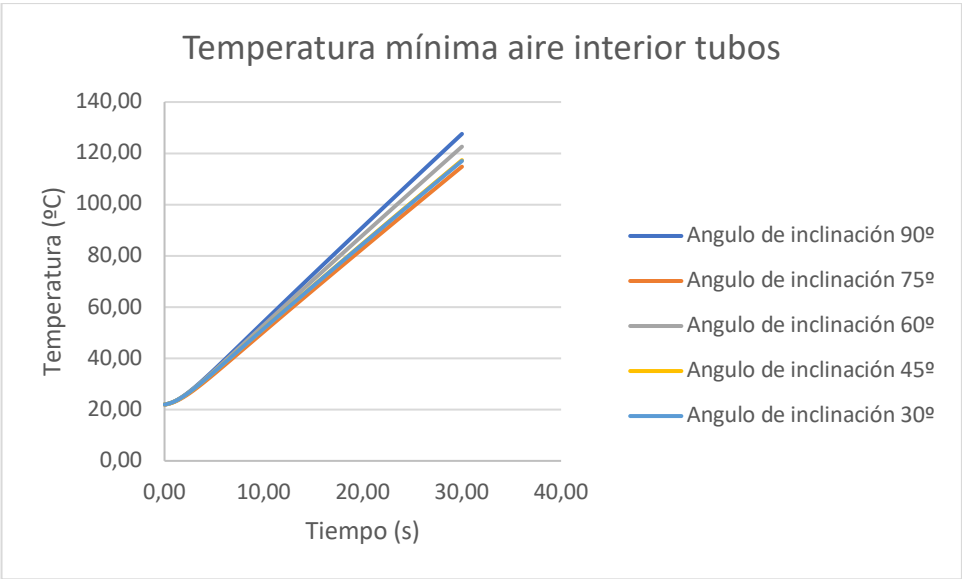
Tubos



Muestras



Aire interior de tubos



ANEXO 4.- LISTA DE MATERIALES PUESTO DE PRÁCTICAS

La lista de materiales correspondiente al equipo inicial (Ninja PCR) se encuentra en la propia página web. En este anexo se incluyen únicamente los materiales para crear con esos componentes iniciales, un puesto sobre el que poder trabajar, tomar medidas y proporcionar una plataforma de aprendizaje para los alumnos.

La lista de piezas necesarias para el puesto de prácticas no cuenta con el mecanizado de la estructura, el cual se muestra en el Anexo 5, ni el de los bloques portamuestras.

La lista consiste en los bornes de conexión de banana para la toma de medidas, y considerando que en cada puesto se dispondrá de los 3 bloques portamuestras que se han analizado durante el trabajo, los sensores y conexionado de los mismos.

Por último también incluye resistencias de medición de intensidad.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	Nº REFERENCIA	UNIDADES
Conector banana azul	Enchufes y conectores de prueba BANANA JACK BLUE. Conforme con RoHS por exención	Cinch Connectivity Solutions	108-0910-001	3
Conector banana amarillo	Enchufes y conectores de prueba BANANA JACK YELLOW. Conforme con RoHS por exención	Cinch Connectivity Solutions	108-0907-001	2
Conector banana blanco	Enchufes y conectores de prueba BANANA JACK WHITE. Conforme con RoHS por exención	Cinch Connectivity Solutions	108-0901-001	2
Conector banana rojo	Enchufes y conectores de prueba BANANA JACK RED. Conforme con RoHS por exención	Cinch Connectivity Solutions	108-0902-001	1
Conector banana negro	Enchufes y conectores de prueba BANANA JACK BLACK. Conforme con RoHS por exención	Cinch Connectivity Solutions	108-0903-001	1
Termistor	Termistores NTC 100Kohm +/- 1% 4250K 100mm length. Cumple RoHS	Murata	NXFT15WF104FA2B100	3
Alojamiento cable	Alojamientos cables y cabecera 2 WAY SIL HORIZ SMT SKT T&R. Cumple RoHS	Harwin	M20-7910242R	3
Resistencia medición corriente	Resistores de detección de corriente – SMD 3 watt .001 ohm .5%. Cumple RoHS	Vishay	WSL36371L000DEA	2

ANEXO 5.- PLANO MECANIZADO ESTRUCTURA

En este anexo se muestra una imagen con la disposición de los componentes de la estructura para ser mecanizados en metacrilato de 5mm de espesor.

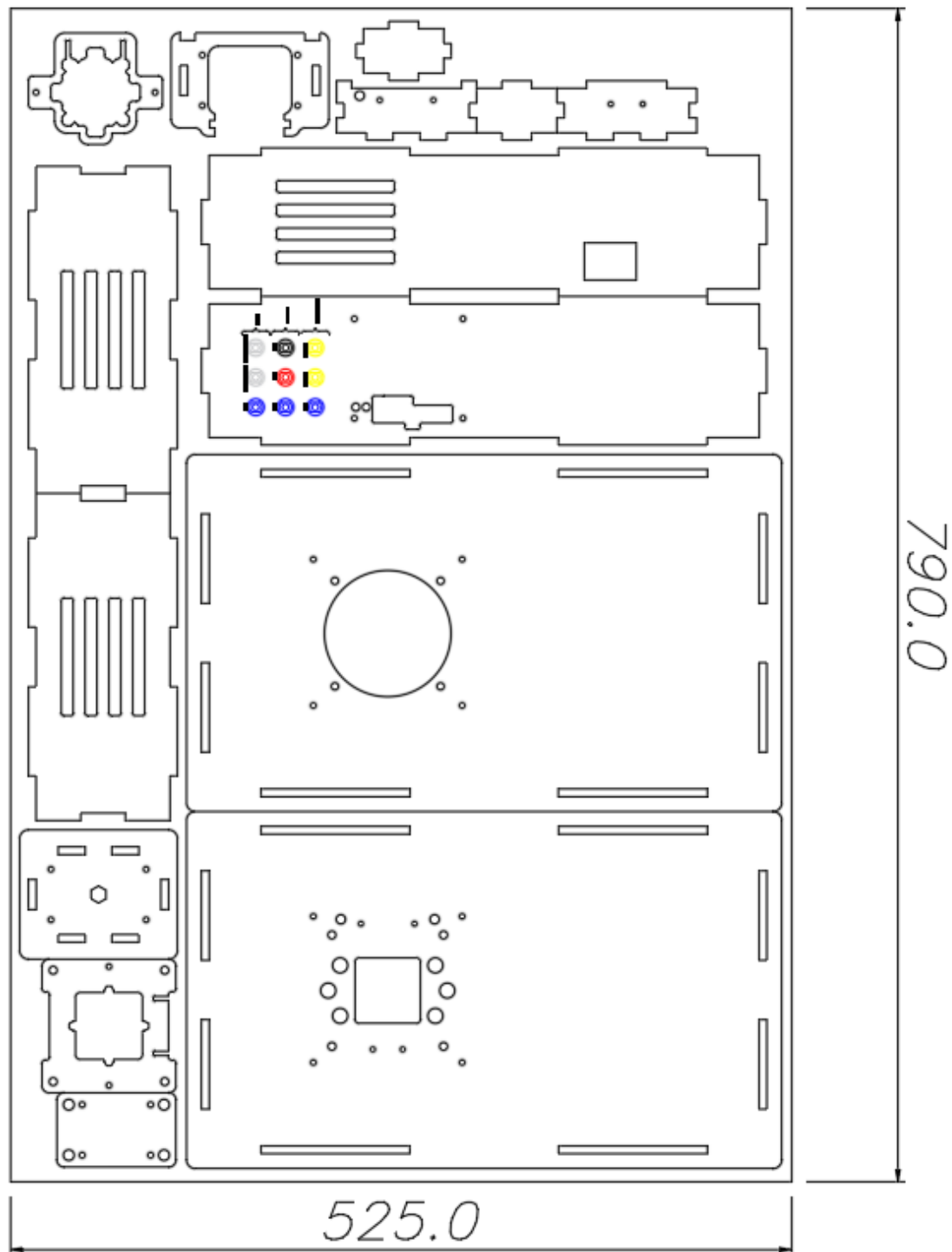


Figura 1. Plano mecanizado estructura puesto de prácticas en metacrilato