



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE UNA CALDERA DE BIOMASA: MODELADO 3D, CÁLCULOS TÉRMICOS Y DIMENSIONADO

Alumno: Daniel Sánchez Oya

Tutor: Prof. D. Juan Manuel Montalvo Gil
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don JUAN MANUEL MONTALVO GIL , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:
DISEÑO DE UNA CALDERA DE BIOMASA: MODELADO 3D, CÁLCULOS
TÉRMICOS Y DIMENSIONADO, que presenta DANIEL SÁNCHEZ OYA, autoriza su
presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, SEPTIEMBRE de 2019

El alumno:

Los tutores:

DANIEL SÁNCHEZ OYA

JUAN MANUEL MONTALVO GIL

Índice General

1. Introducción.....	8
2. Descripción de la caldera	9
2.1. Historia de la calefacción en los hogares.	9
2.2. Tipos de combustibles.....	11
2.2.1. Astillas	12
2.2.2. Hueso de aceituna	12
2.2.3. Pellets de madera	13
2.2.4. Justificación del componente elegido.	13
3. Caso de Estudio	14
3.1. Objetivo.....	14
3.2. Estudio de vivienda y su entorno.....	14
4. Cálculo de la carga térmica de la vivienda.....	16
4.1. Carga por transmisión.	16
4.2. Carga térmica por infiltración y/o ventilación	16
4.3. Cargas por personas, equipo e iluminación.....	17
4.4. Puentes térmicos.	17
5. Combustible necesario y su estudio de la combustión	19
5.1. Estudio de la combustión	19
6. Intercambiado de calor	21
6.1. Método DTML	24
6.2. Método Nusselt	24
6.2.1. Transferencia de calor por el lado de los gases	25
6.2.2. Transferencia de calor por el lado del agua.....	26
7. Modelado 3D.....	28
7.1. Software Solidworks.....	28
7.1.1. Modulo de pieza.....	29
7.1.2. Modulo de Ensamblaje.....	29
7.1.3. Modulo de Dibujo	31
7.2. Piezas individuales y pequeños ensamblajes.....	32
7.2.1. Intercambiador de calor.....	32
7.2.2. Bomba de Agua	35
7.2.3. Depósito de pellet	36
7.2.4. Extracción y expulsión de gases de combustión	38

7.2.5. Puertas	40
7.3. Vistas Explosionadas	44
8. Propiedades físicas de las piezas	47
8.1. Materiales	47
8.2. Color	50
8.3. Iluminación.....	53
8.3.1. Luz ambiental.....	53
8.3.2. Luz direccional	54
8.3.3. Luz puntual	54
8.3.4. Luz concentrada.....	55
8.3.5. Escenas	55
9. Planos.....	56
10. Programación	59
11. Conclusiones	62
11.1. Posibles ampliaciones	63
12. Ampliación del Diseño	64
Bibliografía	65
Anexo 1	66
Anexo 2.....	76
Anexo 3.....	77

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.1	9
Ilustración 1.2.....	10
Ilustración 1.3	11
Ilustración 1.4.....	11
Ilustración 2.1	13
Ilustración 3.1	14
Ilustración 3.2.....	15
Ilustración 4.1	18
Ilustración 5.1.....	22
Ilustración 5.2.....	22
Ilustración 7.1	28
Ilustración 7.2	29
Ilustración 7.3.....	29
Ilustración 7.4	29
Ilustración 7.5.....	29
Ilustración 7.6.....	30
Ilustración 7.7.....	30
Ilustración 7.8.....	31
Ilustración 7.9.....	32
Ilustración 7.10.....	33
Ilustración 7.11	33
Ilustración 7.12.....	33
Ilustración 7.13.....	34
Ilustración 7.14	35
Ilustración 7.15.....	35
Ilustración 7.16.....	35
Ilustración 7.18.....	36
Ilustración 7.17.....	36
Ilustración 7.19.....	36
Ilustración 7.20.....	37
Ilustración 7.21	37
Ilustración 7.22.....	37
Ilustración 7.23.....	38
Ilustración 7.24.....	38
Ilustración 7.25.....	39

Ilustración 7.26.....	39
Ilustración 7.27.....	40
Ilustración 7.28.....	41
Ilustración 7.29.....	41
Ilustración 7.30.....	42
Ilustración 7.31.....	42
Ilustración 7.32.....	43
Ilustración 7.33.....	43
Ilustración 7.34.....	43
Ilustración 7.35.....	44
Ilustración 7.36.....	45
Ilustración 7.37.....	45
Ilustración 7.38.....	46
Ilustración 7.39.....	46
Ilustración 8.1.....	47
Ilustración 8.2.....	48
Ilustración 8.3.....	48
Ilustración 8.4.....	49
Ilustración 8.6.....	49
Ilustración 8.7.....	49
Ilustración 8.8.....	50
Ilustración 8.9.....	51
Ilustración 8.10.....	51
Ilustración 8.11.....	52
Ilustración 8.12.....	52
Ilustración 8.13.....	52
Ilustración 8.14.....	53
Ilustración 8.15.....	53
Ilustración 8.16.....	54
Ilustración 8.17.....	54
Ilustración 8.18.....	54
Ilustración 8.19.....	54
Ilustración 8.20.....	55
Ilustración 10.1.....	60
Ilustración 10.2.....	60
Ilustración 10.3.....	61
Ilustración 10.4.....	61

Ilustración 11.1	63
Ilustración 12.1	64
Ilustración 12.2	64

1. Introducción

El objeto de este proyecto titulado “Diseño de una caldera de biomasa: Modelado 3D, cálculos térmicos y dimensionado” es que sea el final de mi trayectoria por el grado de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Jaén.

La motivación para poder realizar este trabajo es la unión de dos ramas que crean mucho interés en mi persona y una de las más importantes que veo en la actualidad. Una es la eficiencia energética y el uso de energías limpias, y la otra es el modelado y diseño 3D. Durante la carrera, he podido estudiar ambas y por ello he decidido involucrarme en hacer este trabajo de fin de grado.

En cuanto a la eficiencia energética, la visión general que tengo como objetivo es conseguir una energía sostenible y un abandono de los combustibles fósiles. El gran abuso de estos últimos son el gran problema del calentamiento global y el cambio climático que estamos teniendo en estos momentos, y que tendremos de manera más significativa en las próximas décadas. Es por ello que debemos de intentar crear una transición energética en todos los aspectos, y desde mi punto de estudio, el ahorro y calidad del combustible en la calefacción es el objetivo clave.

En la industria, ya está instaurado el uso del modelado 3D en prácticamente toda aquella empresa que desee crear, modificar, mejorar o estudiar cualquier producto. Es la manera más barata para poder visualizar el aspecto y las características de aquel artículo que se desee. En los últimos años, se han implementado en estos programas de diseño muchas más opciones, en donde se puede hacer desde cálculos estructurales hasta simulaciones de flujos.

2. Descripción de la caldera

2.1. Historia de la calefacción en los hogares.

Si nos retomamos a la historia de cómo ha sido la climatización en los hogares, no ha sido muy variada por mucho que los milenios hayan pasado. La primera “calefacción” que hubo seguramente todos sabemos cual es, una hoguera de fuego, exactamente. Esto se remonta a hace ya más de medio millón de años, cuando un homo erectus lo descubrió, seguramente por casualidad.

A partir de este momento, ya había una manera para no morir de frío y poder tener un mayor confort. Esta palabra, confort, es la que el humano ha buscado desde siempre en su hogar. Cuando las civilizaciones fueron cada vez más inteligentes y con mayor uso de razón, se dieron cuenta que uno de los mayores problemas de la combustión eran los gases de combustión. Así es como lo romanos inventaron el hipocausto, esto es que el fuego se encontraba en una planta inferior, lo que hacía calentar el ambiente, y este calentaba la planta superior donde se encontraban las llamadas termas. De esta manera no tenían que estar en el mismo habitáculo que los humos y podían disfrutar del calor dentro de esas aguas. Aunque no lo parezca, aquí hay un avance que se nos pasa por alto, y es que este traspaso de calor entre el aire y el agua, podría ser el primer intercambiador de calor en la historia de la calefacción.

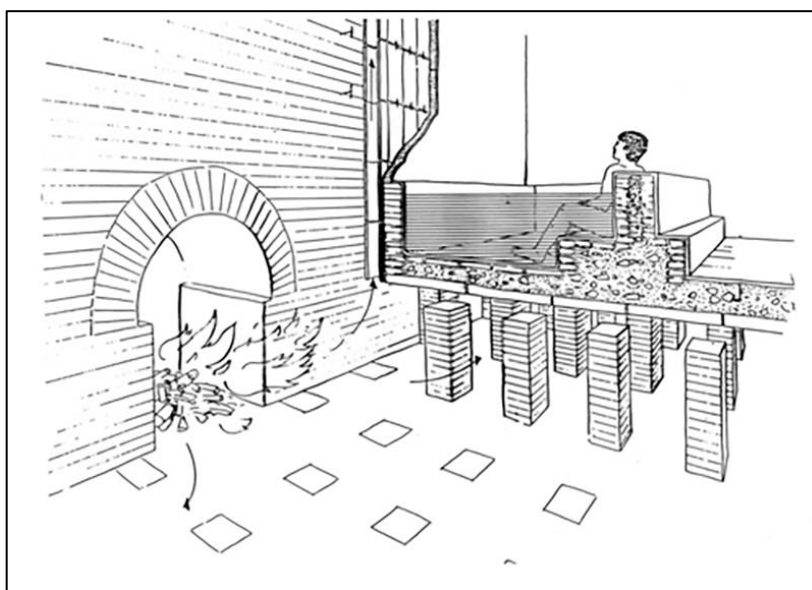


Ilustración 1.1

Del siglo IV a.C. avanzamos hasta el siglo X d.C, donde ya estamos en la época castellana y se crea el sucesor del hipocausto, llamado gloria. Este novedoso invento consistía en hacer una fogata en el piso más bajo de la vivienda, que solía estar por debajo del nivel del suelo, y a partir de galerías de piedra y ladrillo, se distribuían por suelo y paredes a través de toda la vivienda, estamos hablando que en esta época las viviendas eran de varias plantas, y conseguían la calefacción necesaria con menos recursos, ya que todo el calor sería traspasado al ambiente del hogar.

Aquí hay otra novedosa peculiaridad, y es que podríamos decir que es el padre de lo que hoy conocemos como suelo radiante. Por esto, cuando entramos en una de nuestras actuales casas por encima de ese suelo que expulsa calor, podemos decir que “estamos en la gloria”.

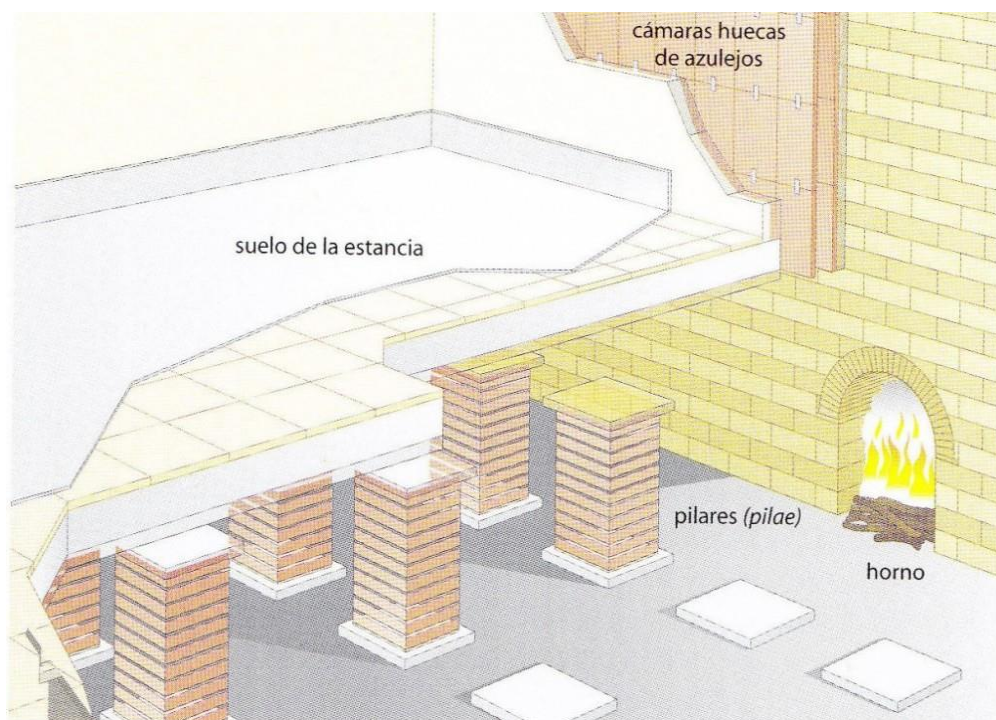


Ilustración 1.2

Allá por la edad Media, encontramos las chimeneas, calefacciones solo aptas para los burgueses, ya que más que calentar la casa, la usaban para poder mostrar poderío y grandeza. Estas ya tenían la salida de humos acondicionada para que el

habitáculo donde se encontrase no tuviera problemas. Casi terminando podemos poner a la estufa, que la única innovación que tenía era que la chimenea está cerrada, quedando más bonito y más aislado el tema de gases.



Ilustración 1.3



Ilustración 1.4

Por último, hemos desarrollado los radiadores, los cuales tenemos por conducción de agua y eléctricos. Esto último no se desarrollaron hasta finales de 1971 y su objetivo es producir calor mediante resistencia eléctricas. Sin embargo, los radiadores de agua serían los que utilizaran la vivienda donde se instale la caldera a desarrollar durante este trabajo. Podemos decir finalmente, que la fuente de calor no ha cambiado nada, el fuego, y sabiendo que en principio se alimentaba a base de madera y nuestra caldera será a base de pellets de madera...también es lo mismo. Porque la tecnología no se basa solo en crear grandes inventos, sino también en sofisticar los que ya hay y que sean más eficientes.

2.2. Tipos de combustibles

En este apartado incluiremos los diferentes biocombustibles que se podrían utilizar en la actualidad. No tendremos en cuenta combustibles de origen fósil. *“En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias.”* (Appa.es).

Nosotros nos ceñiremos a la biomasa vegetal. La esencia de la biomasa como combustible, es que es un producto que se considera renovable, esto es porque cumple un ciclo cerrado en cuanto a sus emisiones. Durante la vida del vegetal (árbol, arbusto, plantas) este absorbe CO₂ para crecer, una vez que muere, durante su descomposición expulsa ese CO₂ a la atmosfera. A partir de aquí, al quemarlo también genera la misma cantidad de dióxido de carbono, pero a la vez está produciendo calor, de esta manera nos beneficiamos. El CO₂ que absorbe es igual al que libera, a lo que esto es llamado como “ciclo neutro”.

2.2.1. *Astillas*

Las astillas de madera son el resultado de la trituración de la madera. Suele tener entre 3 y 10cm de longitud. Su pretratamiento es sencillo. Necesitan un mayor espacio para su almacenamiento, mayor que el hueso de aceituna o pellets.

Poder calorífico inferior: 3600 kCal/kg

2.2.2. *Hueso de aceituna*

El hueso de aceituna tiene como ventaja a su favor estar en la ciudad de Jaén, muchas almazaras pueden proveer de este combustible. Sin embargo, el hueso de aceituna se ha estandarizado para calderas de más de 10kW de potencia. En nuestro caso, la potencia calorífica necesaria es menor como podremos ver en nuestro cálculo de Cargas Térmicas.

Poder calorífico inferior: 3860 kCal/kg

2.2.3. *Pellets de madera*

Es el recurso para calderas de biomasa más comercial. Esto hace que sea fácil encontrarlo y varios tipos del mismo, siempre dependiendo de la calidad. Esto tienen una longitud entre 3 y 6cm de longitud. Se forman a partir de la compresión de serrín y virutas, no se utiliza ningún agente químico.

Poder calorífico inferior: 4300 kCal/kg

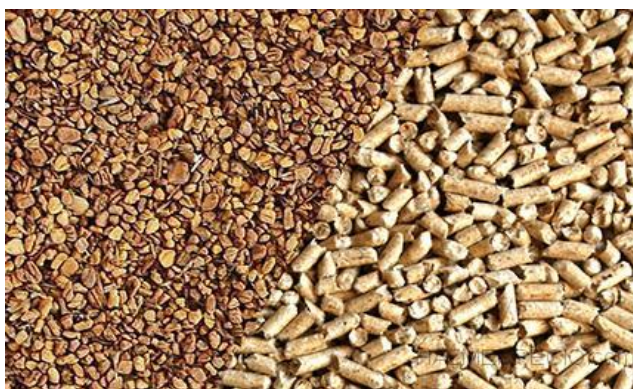


Ilustración 2.1

2.2.4. *Justificación del componente elegido.*

Nuestra caldera es alimentada a base de pellets de madera. Es el elemento que cumple con las mejores características. Tiene un poder calorífico superior a los demás, es fácil encontrar en los comercios y se requieren menor tamaño en la caldera. Este tipo de combustible también ayuda a la economía local y rural, ya que vivimos en una zona donde tenemos sierras a nuestro alrededor, y es un buen objeto de fomentar el comercio en pueblos rurales.

3. Caso de Estudio

3.1. Objetivo

El proposito de este proyecto ha sido la realizacion de una metodologia integrada entre el modelado 3D y el calculo térmico necesario para la creacion de una caldera convencional de biomasa. Los objetivos principales y obligatorios para concluir correctamente este trabajo de fin de grado son:

- Aplicación de cálculos para su funcionamiento y dimensionado. Este objetivo se ha llevado a cabo en los capitulos 4, 5 y 6.
- Modelado 3D de maquinaria industrial para instalación térmica en la edificación. Correspondiendo a los capitulos 7, 8 y 9.

3.2. Estudio de vivienda y su entorno

La vivienda estará en la ciudad de Jaén, para su utilización en un bloque de pisos o en casas unifamiliares. En primer lugar, debemos de conocer en qué zona climática nos encontramos, Jaén se encuentra en la zona climática número IV, como podemos observar en el siguiente mapa.



Ilustración 3.1

La vivienda tendrá un total de 90m², se ha escogido esta superficie porque es la más común en los pisos de Jaén. Las temperaturas que se va a conseguir dentro de la casa en invierno será en el rango de 19°C – 21°C, temperaturas que son las óptimas para un confort humano según IDAE. Los muros con mayor superficie de la vivienda, tendrán orientación Sur-Norte, para poder aprovechar el mayor calor posible en invierno. Todos los datos de los muros y ventanas de la vivienda estarán descritos en el informe del programa Clima, no serán explicados más adelante. Gracias al programa de diseño de viviendas 3D Revit, podemos ver una visualización de la vivienda a calefactar.

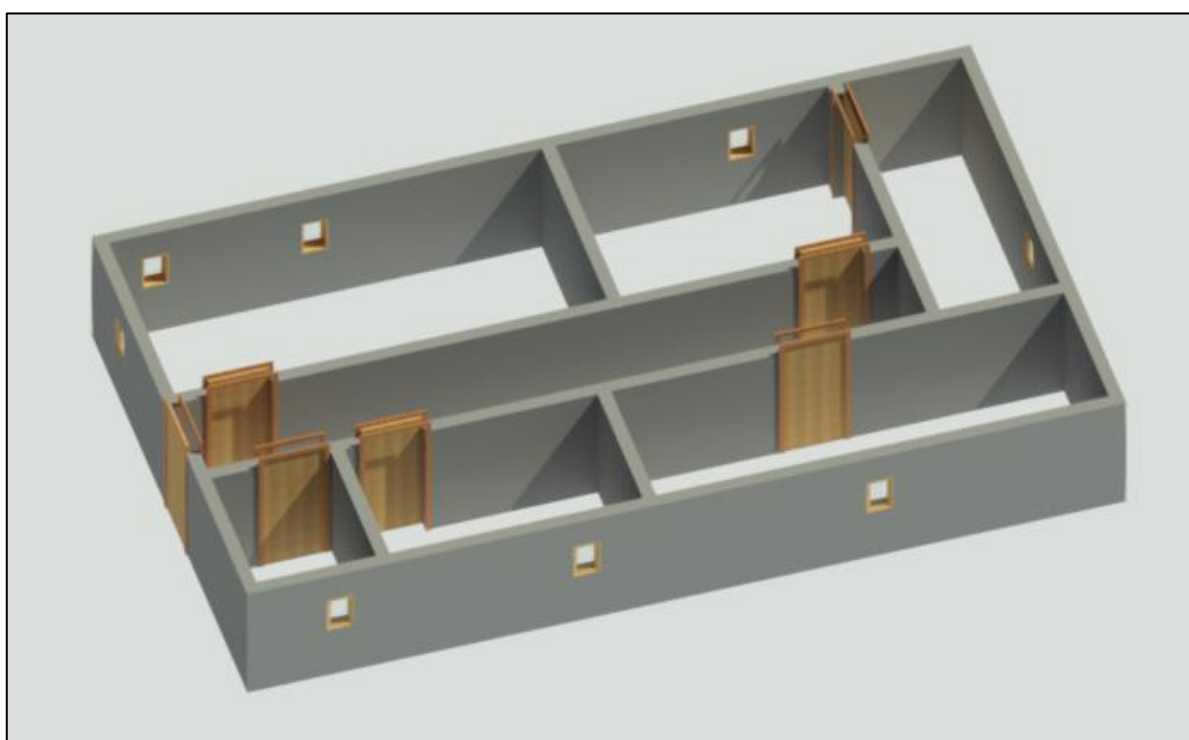


Ilustración 3.2

4. Cálculo de la carga térmica de la vivienda.

En primer lugar, para el correcto funcionamiento y adecuado dimensionado de la maquinaria en cuestión (objetivo nº 3), es necesario tener una estimación adecuada de las cargas térmicas de la vivienda a estudiar. A continuación, se explicará las diferentes cargas térmicas y sus ecuaciones correspondientes, aunque los cálculos se realizarán con el programa *Clima_V2*, software que ha sido utilizado a lo largo del grado, y que hará con mayor eficiencia y menor tiempo los resultados correctos.

4.1. Carga por transmisión.

Las cargas térmicas por transmisión son producidas por el traspaso de calor desde el exterior de la vivienda hacia el interior de la misma. Esta transmisión se produce a través de las paredes, cubierta, terreno, puertas y ventanas. La ecuación que las caracteriza es:

$$Q_t = A * U * \Delta T$$

Siendo Q_t el calor cedido, A el área de las diferentes superficies, U el coeficiente global de transferencia de calor y ΔT la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

4.2. Carga térmica por infiltración y/o ventilación

Esta se produce por la necesidad de renovación del aire en la vivienda, para que haya un mayor confort para sus ocupantes y haya un aire limpio y respirable. El problema es que el aire que entra en este caso es más frío del que se aloja en la vivienda, lo cual hace un gradiente de temperatura y se produzcan unas pérdidas, las cuales hay que tener cuantificadas. La ecuación característica es:

$$Q_v = m * C_p * \Delta T$$

Siendo Q_v el calor cedido de ventilación, m el flujo de aire, C_p el calor específico y ΔT la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. En este caso siempre que va a ser aire, se podría hacer un cálculo más sencillo sabiendo el volumen que

es ventilado, y ya que la masa se puede sustituir como el producto del volumen por su densidad, acaba apareciendo la ecuación:

$$Qv = V * \rho * Cp * \Delta T$$

4.3. Cargas por personas, equipo e iluminación.

En este caso, al contrario de las dos anteriores, que eran pérdidas de calor, esto es un aporte de calor. Lo cual no es necesario calcular y el mismo programa sitúa en 0.00 kW el aporte necesario de calefacción para suplirlas. Se podría calcular para saber cuánto calor estaríamos generando para no tener que usarlo en gasto de combustible, pero cuantitativamente suele ser pequeño, y nunca sabemos cuándo va a estar disponible. Ya que puede darse el caso que la calefacción esta puesta con todos los equipos apagados para un uso posterior. Por ello se decide no incluirla y así tener el caso más desfavorable en cuanto a aporte de calor total.

4.4. Puentes térmicos.

Los puentes térmicos se atribuyen a cuando hay un cambio de superficie de manera brusca. Aparecen en cuando el muro se interrumpe por la cubierta o por el terreno, y en el contorno de las ventanas. Esto han sido medido e introducidos los datos en el programa.

Al ser un proyecto de calefacción, y al tratarse de una vivienda familiar y no de tipo industrial, se ha decidido no considerar los datos en los meses cálidos del año, estos son mayo, junio, julio y agosto. Todos los datos significativos se pueden observar y constatar en el Anexo X. Con todas las consideraciones anteriores, introduciendo todos los datos en el programa y constituyendo los diferentes materiales de los cerramientos. La carga de calefacción máxima del edificio es

$$Qt = 5.76 \text{ kW}$$

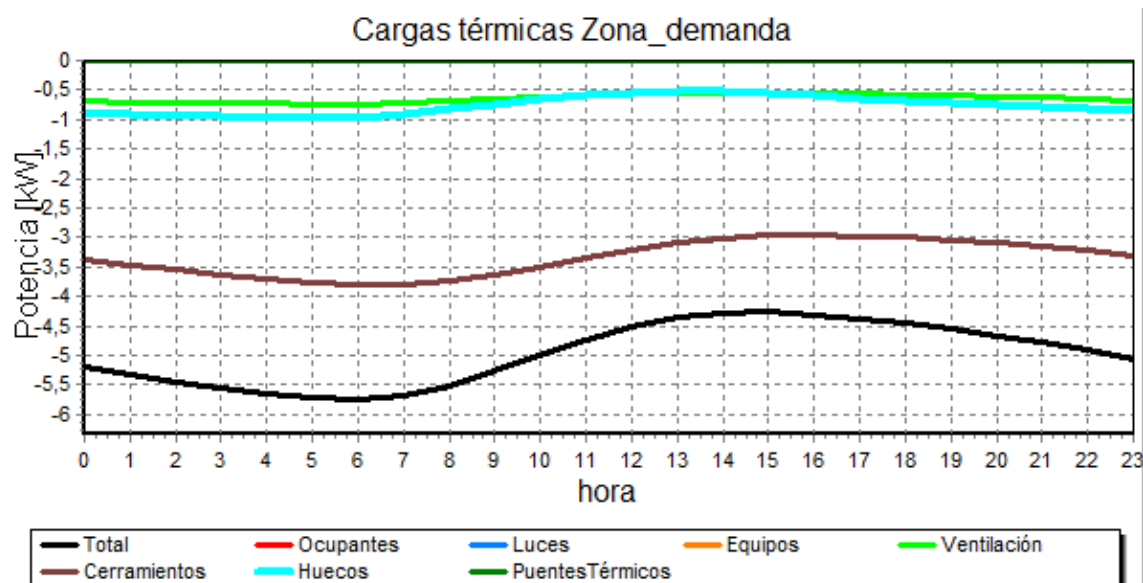


Ilustración 4.1

Para tener mayor seguridad en nuestro cálculo, se ha comparado con la guía técnica IDAE [1] que corresponde a 9.7kW en una vivienda de 135 m². Lo cual en proporción a nuestra vivienda de 90m² una estimación de potencia y gasto de combustible asciende a un total:

$$Q_{teorica} = 6.27 \text{ kW}$$

Debemos de tener en cuenta que la caldera no tiene un rendimiento del 100%, por ello se decide seleccionar un rendimiento del 90%. Este valor ha sido tomado ya que en este momento [1] nos obligar a tener un rendimiento mayor de 72%. Aun así, se ha localizado la siguiente regulación que va a ser establecida en España, y en [3] aparece el nuevo reglamento para 2022, en el que establece el mínimo en un 79% de rendimiento en estufas de pellets. Por todo ello, hacemos el cálculo con el rendimiento de la caldera (90%) y nos hace aumentar la potencia de calefacción hasta un valor de:

$$Q_t = 6,40 \text{ kW}$$

En este momento, por motivos comerciales, se decide dimensionar una caldera con una potencia nominal de:

$$Q_t = 6.5 \text{ kW}$$

5. Combustible necesario y su estudio de la combustión

El combustible seleccionado es pellets de madera, como bien ya ha sido explicado en el capítulo [2]. Para poder tener un estudio eficiente se ha recogido primeramente los datos necesarios de este combustible, siendo necesarios también datos de la madera, en cuyo caso se ha utilizado una madera suave.

Primeramente, se ha estudiado el calor que es capaz de aportar el combustible, para ello ha sido necesario usar su poder calorífico inferior cuyo valor es:

$$PCI = 17974 \text{ kJ/kg}$$

Ahora pasamos a términos de potencia del pellet, el cual aporta un total de:

$$W = 5 \text{ kW} * h/kg$$

Al tener el calor que aporta y el trabajo necesario, podemos obtener el flujo de combustible que necesitamos en nuestra caldera:

$$\dot{m}_c = \frac{Qt}{W} = 1.3 \text{ kg/h}$$

En las viviendas familiares lo normal es tener un número estándar en cuanto a las horas de funcionamiento, ya que normalmente no se tiene conectada la caldera toda la noche y tampoco durante las horas de trabajo. En este caso se puede dar como viable el funcionamiento de unas 6 horas diarias. Este dato es meramente orientativo, para así tener una capacidad mínima en cuanto a reservas de pellets en la caldera para una media de 3 días. Los sacos comerciales de pellets tiene 15kg. Esto se hace así porque la persona también quiere confort en este ámbito, no queremos tener que poner diariamente en nuestra caldera 10kg de pellets, esto disminuiría el disfrute de la misma.

5.1. Estudio de la combustión

Si bien es necesario tener el consumo de combustible, otra parte muy importante es saber la temperatura de la llama, el consumo de aire que necesita la combustión y el flujo de gases de combustión. Estos últimos son muy importantes, ya que con este

flujo es uno de los parámetros necesarios para el dimensionado del intercambiador de calor.

La química elemental de la madera se constituye de los siguientes elementos:

Compuesto	Fracción másica (%)
Carbono	50
Oxígeno	43
Hidrogeno	6
Nitrógeno	1

A partir de esta composición, podemos obtener usando las ecuaciones mostradas en los temas 1, 2, 4 de las tablas de [2], los valores de oxígeno mínimo y aire mínimo:

$$O_{min} = 1.385 \text{ gO}_2/\text{g madera}$$

$$A_{min} = 6.0109 \text{ gAire/g madera}$$

En este momento deberemos de saber cuál debe de ser el coeficiente de exceso de aire (λ) en nuestra combustión. Los valores usuales de los combustibles sólidos de λ oscilan entre 1,5 y 2,0. En este caso para tener asegurada la combustión completa vamos a coger un valor de 1,8. De esta forma obtenemos un valor de:

$$\text{Relacion aire/madera} = 10,82 \text{ gAire/g madera}$$

El siguiente dato necesario, cuando ya tenemos cuantos gramos de aire necesitamos por cada gramo de madera, podemos entonces continuar para sacar el flujo másico de aire y de gases de combustión en nuestro caso.

$$\dot{m}_a = 10,82 \frac{\text{gAire}}{\text{gMadera}} * 0.0036 \frac{\text{gMadera}}{\text{s}} = 0.0039 \text{ gAire/s}$$

$$\dot{m}_g = \dot{m}_a + \dot{m}_c = 0.0043 \text{ g/s}$$

Por último, solamente nos quedaría saber la temperatura la cual alcanza la llama en la combustión. Haciendo uso de los conceptos termodinámicos y el uso de las ecuaciones de las tablas [2]. Nos queda unas temperaturas de:

$$T_1 = 1104 \text{ K}$$

$$T_2 = 425 \text{ K}$$

Al obtener estas temperaturas, el cálculo sería correctamente en cuanto a productos contaminantes y temperaturas legales. Los datos incluidos en la norma UNE 123001:2012, lo cual puede ser verificado en [2], la temperatura para los gases de escape en una chimenea para una caldera de máximo 10kW se remitan a un máximo de 513 K. En cuanto a los procesos contaminantes, lo que nunca queremos es producir compuestos de NOx los cuales suelen aparecer cuando la combustión esta como mínimo a 1400K.

6. Intercambiado de calor

El intercambiador de calor es el corazón de la estufa de biomasa. Durante el recorrido del grado se ha podido estudiar diversos tipos de intercambiadores de calor, como han sido en las asignaturas de Ingeniería Térmica I y II, Instalaciones Térmicas en la Industria e Instalaciones térmicas en la edificación.

La función del intercambiador de calor es el traspaso de energía térmica entre dos fluidos, en este caso el calor producido en la cámara de combustión será cedido al agua que circula por el interior de los tubos. Todo intercambiador de calor dispone de unas pérdidas por fugas, ya que es imposible que todo el calor sea cedido al fluido. Sin embargo, en nuestro caso tenemos una ventaja, nuestra estufa en cuestión estaría depositada en una habitación habitable para su uso, normalmente en el salón o sala de estar. Esto significa que todo el calor que se pueda disipar hacia las paredes de la maquina será también aprovechado, ya que por convección calentara el aire de la habitación.

Los intercambiadores de calor son muy diversos, en formas y tamaño. Pueden ser de ambos fluidos en corrientes verticales o corrientes cruzadas. Puedes tener una mezcla de fluidos o sin mezcla. Pueden tener una carcasa y tubo, o simplemente un fluido chocando con unos tubos como es este paso. En nuestro caso se va a utilizar un intercambiador de calor de flujo cruzado, sin mezclar y con varios pasos de tubo. A continuación, se mostrarán diferentes tipos de intercambiadores de calor.

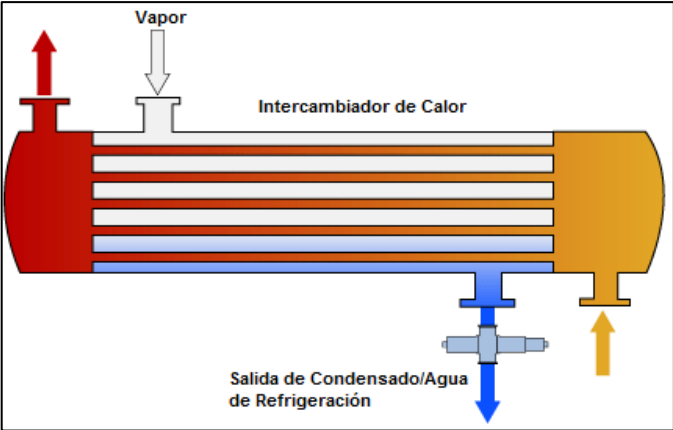


Ilustración 5.1. Intercambiador de calor de Carcasa y Tubos.

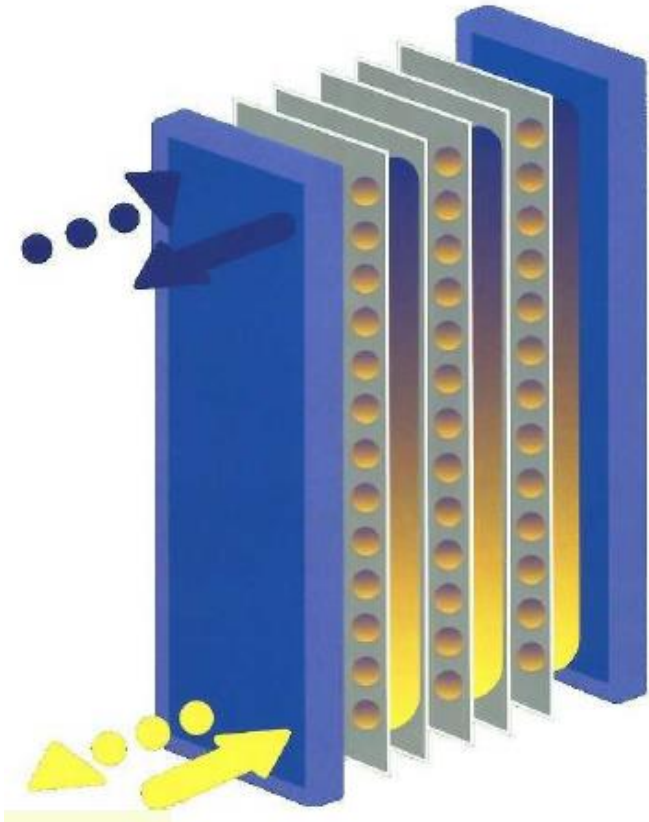


Ilustración 5.2. Intercambiador de calor de Aletas

En primer lugar, deberemos de seleccionar las temperaturas de entrada y de salida del agua de calefacción. Al ser calefacción de una vivienda, las temperaturas estándar son alrededor de una temperatura de entrada $T_e = 70^\circ\text{C}$ y una temperatura de salida $T_s = 90^\circ\text{C}$.

Nuestro siguiente paso es calcular el flujo másico de agua, como ya tenemos el calor necesario y la diferencia de temperaturas es un cálculo sencillo.

$$\dot{m}_a = \frac{Q}{C_p * \Delta T} = 0.0778 \text{ g/s}$$

Uno de los objetivos de este TFG es el dimensionado correcto de la caldera. Para ello se procede a dimensionar el tamaño de mayor viabilidad de los tubos del intercambiador de calor. Aunque en un primer lugar no vaya a reproducirse en tamaño real, es muy conveniente usar los parámetros con tamaños estandarizados y comerciales, por este motivo se ha decidido hacer el estudio con los diámetros exterior de 24mm, 28mm, 32mm, 34mm y 36mm. Estos tubos tendrán un espesor de 4mm. Haciendo así que el tubo tenga un numero de pasos de entre 10 y 16.

Como hemos comentado anteriormente, la función es el traspaso de calor entre dos fluidos, por ello necesitamos elegir un correcto material de fabricación. Esto significa, que tenga gran conductividad térmica (k) como principal factor, que sea comercial y económico. Si nos dirigimos a [\[2\]](#) podemos observar todas las características de los materiales. El material con mayor conductividad térmica es el diamante, pero por razones obvias es descartado directamente. Ahora nos centramos en las premisas que tenemos, esto nos lleva directamente a un material muy comercial en tuberías, el cobre, cuya k es de 401 W/m K.

6.1. Método DTML

Para calcular el coeficiente global de transferencia de calor (U) en los intercambiadores de calor, existen varios métodos. Para la transferencia de calor por convección, la ecuación que rige su comportamiento es:

$$Q = U * A * \Delta T_{ml}$$

Siendo Q el calor transferido, U el coeficiente global de transferencia de calor, A el área, y ΔT_{ml} la temperatura media logarítmica de los fluidos.

Para el cálculo de ΔT_{ml} se hace de la siguiente manera:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{c1} - T_{f2}) - (T_{c2} - T_{f1})}{\ln\left(\frac{T_{c1} - T_{f2}}{T_{c2} - T_{f1}}\right)}$$

De esta manera, y con los diferentes diámetros que hemos escogido, nos quedan unos coeficientes globales de convección:

Diámetro (m)	U (W/m K)
0,036	316,6
0,034	335,2
0,032	356,2
0,028	407,1
0,024	474,93

En este caso, el diámetro más favorable es el de menor tamaño, siendo así donde cumple mayor transferencia de calor. El diámetro recomendado sería de 24mm.

6.2. Método Nusselt

Este método se emplea cuando se utilizamos de manera combinada la ecuación de convección del calor y la ecuación de Fourier. Este método tiene más complejidad y por lo tanto es más largo.

$$\begin{cases} Q = U * A * \Delta T_{ml} \\ Q = \Delta T / R \end{cases}$$

Así podemos sacar una nueva ecuación para nuestros cálculos:

$$U * A = 1/R$$

En este paso introducimos una nueva variable. Esta tiene relación con todas las propiedades del fluido, como se mostrará a continuación.

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{agua} * Di} + \frac{1}{h_{gases} * De} + R_{tubo}\right)}$$

Continuando con el procedimiento de cálculo, en primer lugar, hallaremos la resistencia que produce el material del tubo al traspaso de calor. Aquí es donde entra su conductividad térmica, por ello hemos elegido cobre como material.

$$R_{tubo} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{De}{Di}\right)}{2 \pi k l}$$

6.2.1. Transferencia de calor por el lado de los gases

Al encontrarnos en un espacio de dimensiones restringidas, se ha dispuesto una malla rectangular de 2 filas una encima de otra. Todas las propiedades y ecuaciones están en [2] para su lectura y verificación. En este tipo de mallas, primeramente, se ha de conocer cuál es la velocidad máxima del fluido al pasar entre los tubos, para ello, se ha dispuesto en el dimensionado de la caja de combustión, una contracción de las paredes para así facilitar la entrada del fluido con una mayor velocidad. Para calcular la velocidad máxima usaremos:

$$u_{max} = \frac{u * e}{e - D}$$

En donde u es la velocidad de entrada del fluido, e equivale a la distancia entre ejes de los tubos y d es su diámetro conocido.

Una vez conocida la velocidad, se procede a evaluar el número de Reynolds. “El número de Reynolds se define como la relación entre las fuerzas inerciales (o convectivas, dependiendo del autor) y las fuerzas viscosas presentes en un fluido. Éste relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).” (Numero de Reynolds, Wikipedia)

$$Re = \frac{\rho * u * D}{\mu}$$

En esta ecuación se introducen las variables de la densidad (ρ) y de la viscosidad (μ). Una vez conocido el número de Reynolds, utilizamos la ecuación de Grimison. Esta ecuación se utiliza para la circulación transversal a haces de tubos:

$$Nu = \frac{h * D}{k} = C * Re^n$$

En donde aparecen dos constantes (C,n) que se atribuyen a valores de las tablas encontradas en dicha correlación en [2]. Aquí calculamos el número de Nusselt. “El número de Nusselt (Nu) es un número adimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción.” (Numero de Nusselt, Wikipedia).

Por último, se calcula el valor del coeficiente de convección (h).

Reynolds	Nusselt	hgases
6384,6	69,1	1362,5
4019,9	52,7	1100,1
2837,6	42,9	953,0
1655,	31,3	794,2
1064,1	24,1	715,2

6.2.2. Transferencia de calor por el lado del agua

La metodología a aplicar en este caso es la misma que en el anterior, aunque en al ser por el interior de los tubos, el cálculo de Reynolds es más sencillo. Debemos de conocer el flujo másico en primer lugar:

$$Q = m_{agua} * Cp * \Delta T$$

Siendo el incremento de temperaturas ΔT distinto al del método DTML, en este momento solo interviene las temperaturas del agua, que es una variación de 70°C a 90°C. Se procede de manera análoga a la anterior en cuanto al cálculo de las variables, pero con una correlación por el interior de los tubos, en este caso la ecuación de Dittus-Boelter:

$$Re = \frac{\rho * u * D}{\mu} = \frac{4 * \dot{m}}{v}$$

$$Nu = 0.023 * Re^{0.8} * Pr^{0.4}$$

$$h_{int} = \frac{Nu * k}{D}$$

Reynolds	Nusselt	hint
8475,7	44,4	457,2
9040,7	46,8	481,3
9686,5	49,5	508,6
11300,8	55,9	575,4
13561,0	64,8	665,8

Una vez conocidos los coeficientes convectivos de ambos fluidos, y la resistencia del material, es posible proceder al termino cuantitativo del coeficiente global de transmisión de calor gracias a la ec. (X) que la volvemos a reformular.

$$U = \frac{1}{A * R}$$

U (w/m K)
312,493825
305,9383551
302,92069
303,7842121
311,929117

En este método los valores de U suelen salir más pequeños porque se está tomando en cuenta la conductividad térmica del material. Los valores de U habituales suelen estar en un rango de 100-5000 W/mK. Los valores más grandes son con el diámetro más pequeño y más grande, esto nos hace comparar ambos resultados, y tomar como elección el diámetro de los tubos más pequeño que hemos propuesto. **Según los cálculos realizados, nuestro intercambiador de calor estará compuesto por un haz de tubos de 2 filas y 7 columnas, teniendo estas un diámetro exterior de 24mm y un diámetro interior de 20mm.**

7. Modelado 3D

En este gran capítulo se abordará todo lo relacionado con el modelaje 3D y diseño asistido por ordenador del trabajo de fin de grado. Este título será más amplio relacionado con las anteriores. Aquí se pondrá en valor los conocimientos previos recomendados 1 y 3, y el objetivo propuesto para el alumno número 2.

7.1. Software Solidworks

El modelado 3D ha sido llevado a cabo con el software Solidworks 2018 de la empresa Dassault System, S.A. Se ha utilizado la versión 2018 educacional, ya que la universidad de Jaén pone esta licencia a disposición de su alumnado. Este software CAD está desarrollado para el diseño mecánico en 2D y 3D. Es uno de los programas más utilizados en la industria ingenieril, junto con CATIA, que también pertenece a la misma empresa. Las funciones serán explicadas en las siguientes secciones para mayor comodidad a la hora de entender los diferentes procesos. Solidworks se puede dividir en tres grandes bloques o módulos.

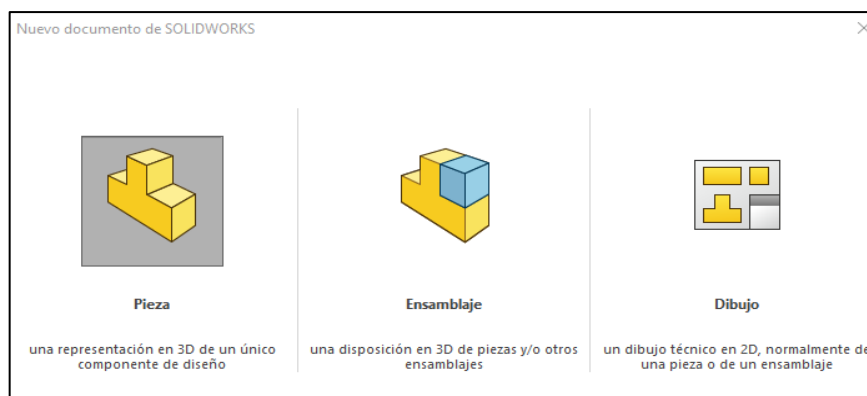


Ilustración 7.1

7.1.1. *Modulo de pieza*

Crea un modelado 3D de una única pieza. En este módulo es donde se crean las geometrías y croquis de cada componente, para después usar las diferentes operaciones e incluso hacer simulación de las piezas para ver por ejemplo su resistencia elástica. Las funciones básicas que se utilizan en este módulo son: Extruir saliente, Extruir Corte, Redondeo...

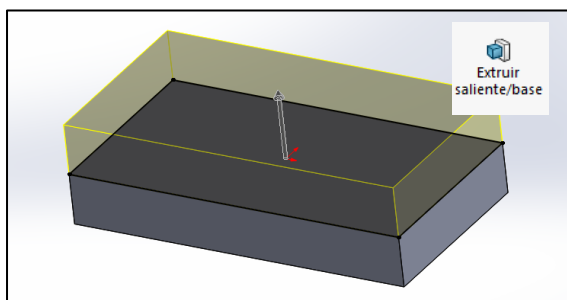


Ilustración 7.2

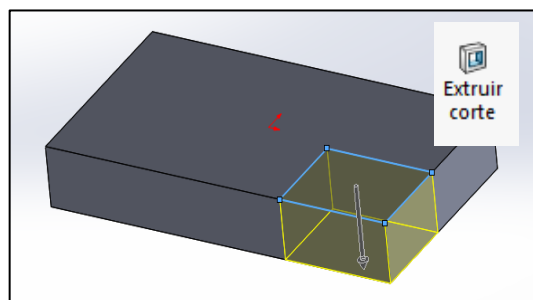


Ilustración 7.3

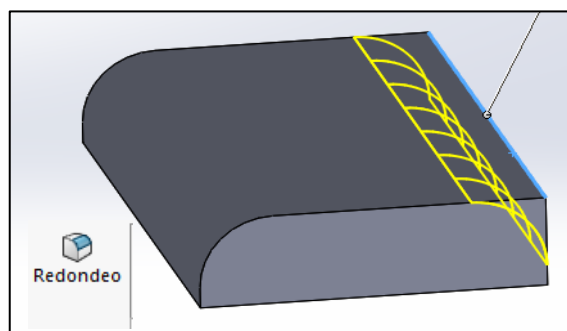


Ilustración 7.4

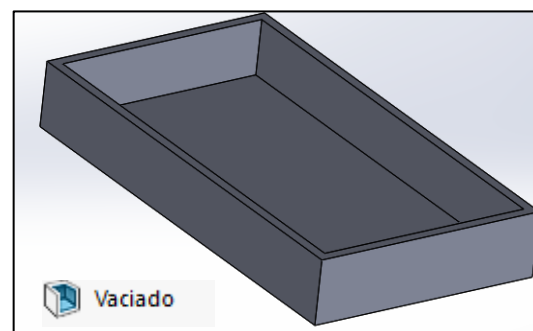


Ilustración 7.5

7.1.2. *Modulo de Ensamblaje*

Aquí es donde se hace la visualización de las uniones de las piezas. Estas están ensambladas mediante relaciones de posición. Este módulo es muy útil ya que puedes ir colocando todas las piezas a medida que se vayan modelando, y así tener una configuración visual y práctica de que el proyecto se está realizando satisfactoriamente.

Las relaciones de posición pueden ser sencillas de utilizar, pero si no se establece un orden hay gran posibilidad de que se entrelacen entre ellas y por ello

producir errores en todo el ensamblaje. En este proyecto se han utilizado más de 80 relaciones de posición, así todas las de más de 50 piezas están perfectamente colocadas y ensambladas. Las relaciones más importantes son: Concéntrica, Paralelo, Coincidente y Distancia.

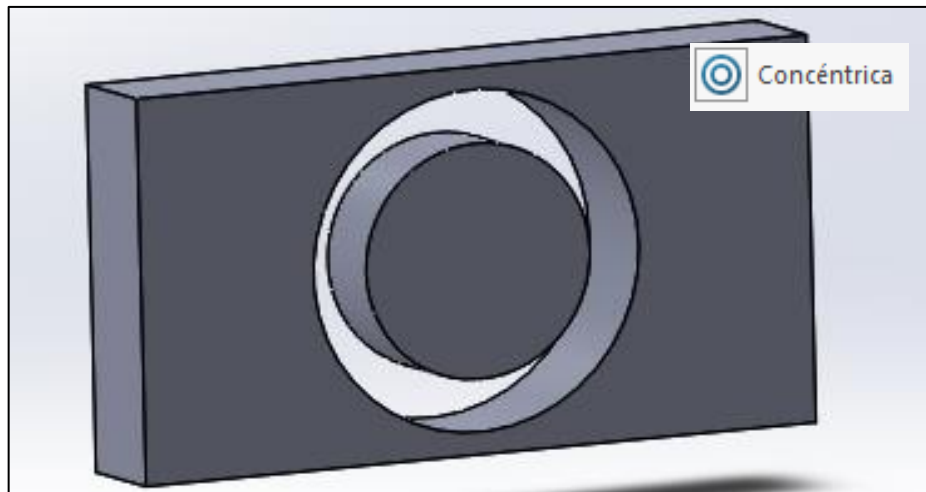


Ilustración 7.6

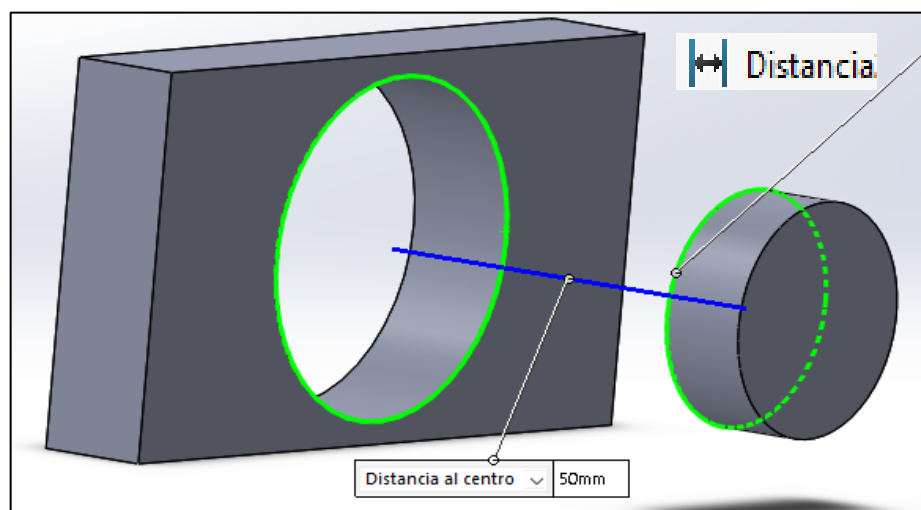


Ilustración 7.7

7.2. Piezas individuales y pequeños ensamblajes.

7.2.1. Intercambiador de calor

En primer lugar, estudiaremos el corazón de la máquina, esto es el intercambiador de calor. Esta es la función principal que tiene la caldera. Está compuesto de 5 piezas significativas: cuerpo, caja de combustión, rejilla, contracción de gases y tuberías de agua.



Ilustración 7.9

En primer lugar, tenemos el llamado cuerpo de la combustión. Este se encarga de albergar todos los elementos que se encuentren en contacto con el fuego, y facilitar su perfecta aceptación. Se ha utilizado como operación de croquis especial, la función “spline”, para hacer una extrusión con corte útil para albergar el tubo por donde cae el pellet de madera.

Spline: Es una operación de croquis que se utiliza para crear líneas continuas con una forma desigual.

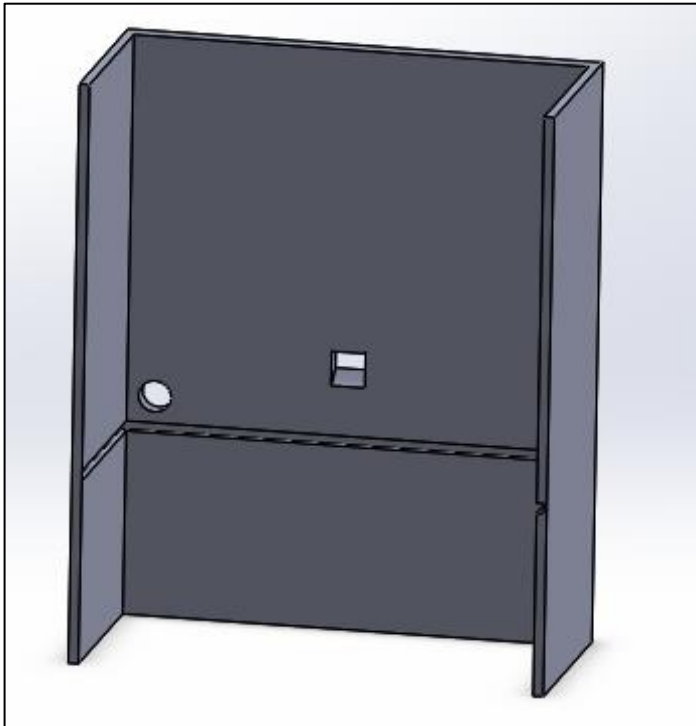


Ilustración 7.10

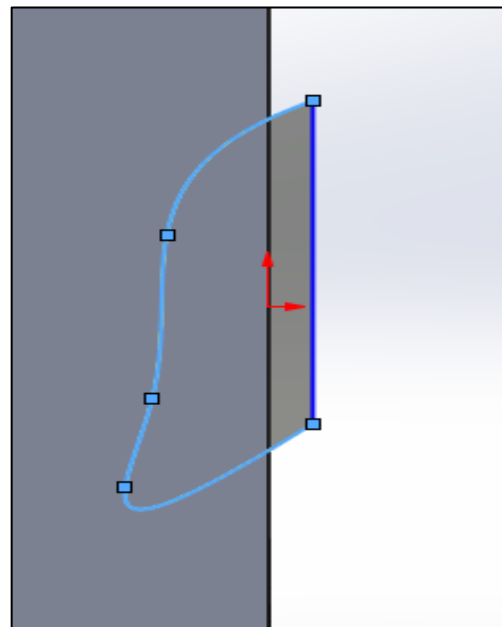


Ilustración 7.11

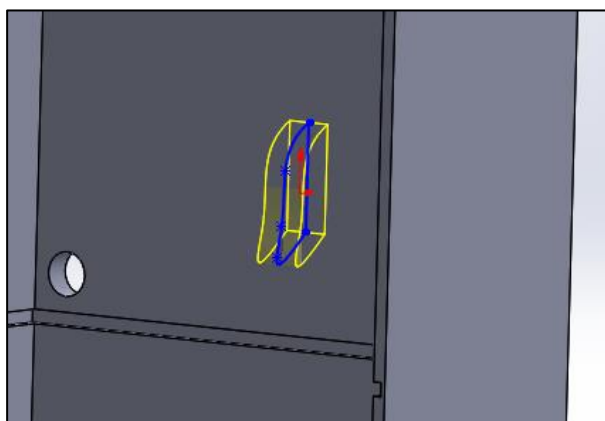


Ilustración 7.12

En la parte inferior se coloca la caja de combustión, recipiente donde cae la madera para su combustión. Esta caja esta acoplada en una rejilla, esta sirve para sujetar la caja mencionada, y para hacer de delimitación entre la cámara de combustión y el recipiente donde cae las cenizas. En estas dos piezas se han utilizado la función de matriz con extrusión para facilitar el trabajo.

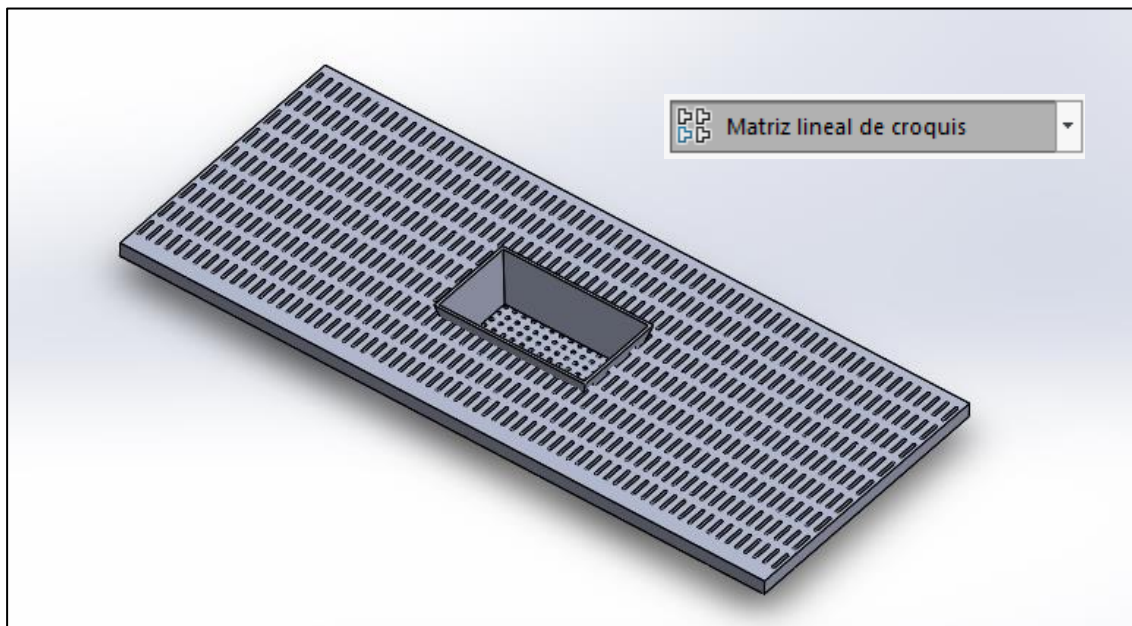


Ilustración 7.13

Las tuberías, debido a su complejidad de tener una continuidad y su pequeño espesor, la mejor opción es usar las operaciones de superficies. Todas las piezas de las tuberías han sido diseñadas con estos comandos. Se han utilizado dos operaciones con superficies:

Barrer Superficie: Crea un modelo a partir de un croquis y una trayectoria, en este caso el croquis es la circunferencia, debe de ser un perfil cerrado, y sigue el trazado de la línea discontinua (trayectoria) que se observa en las imágenes.

Coser Superficie: Esta función se utiliza para combinar dos o más superficies en una sola. Siempre que dos superficies estén unidas es muy importante coserlas, ya que si no debemos de hacer las operaciones siguientes repetidas ocasiones. En este caso como en primer lugar se hicieron tubos rectos, y posteriormente las secciones curvas, era necesario coserlas para trabajar en el ensamblaje final con facilidad y sin errores.

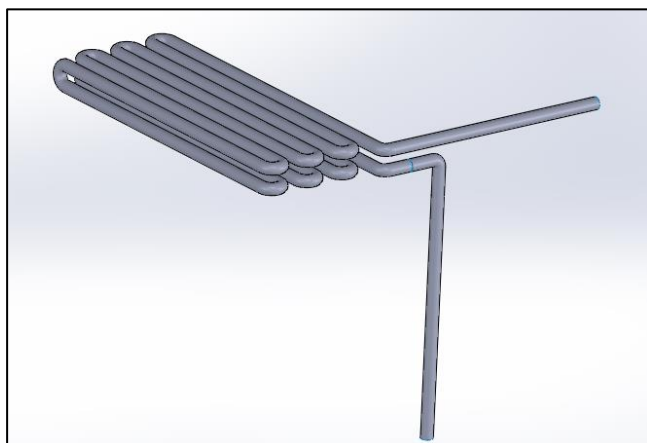


Ilustración 7.14

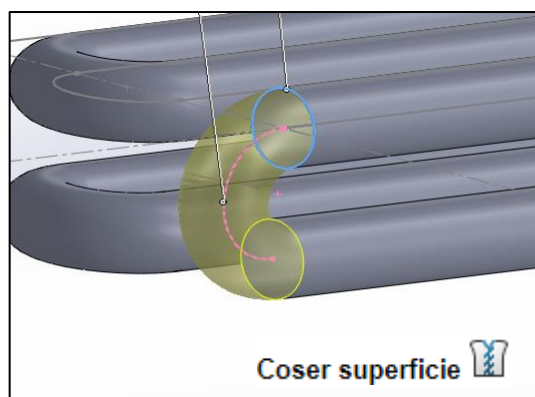


Ilustración 7.15

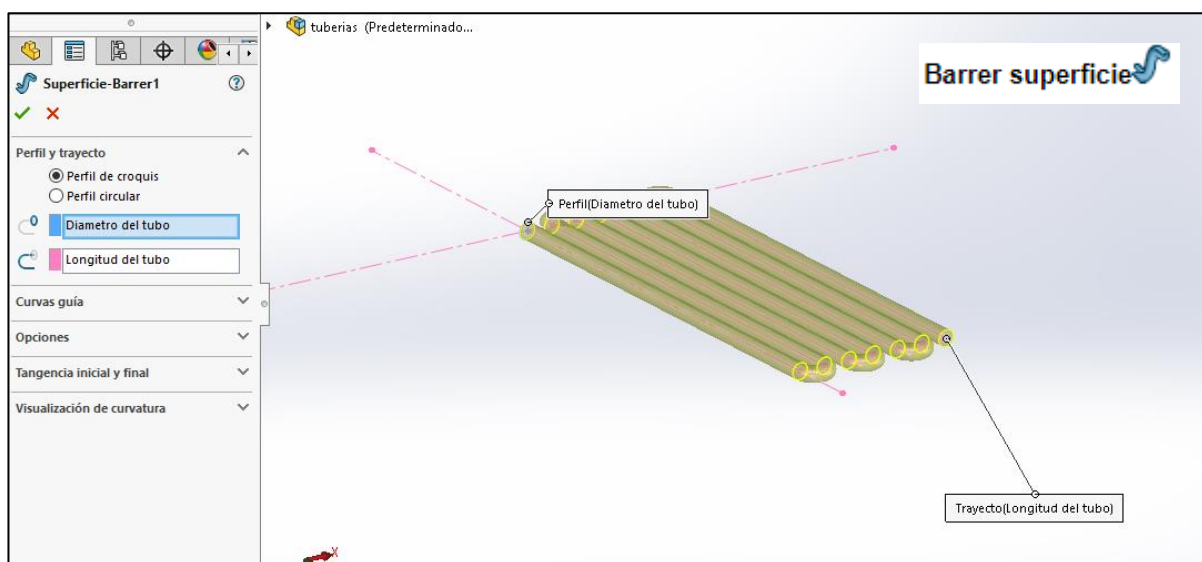


Ilustración 7.16

7.2.2. Bomba de Agua

Para que el agua pueda circular por las tuberías y tener la suficiente energía para recorrer todo el circuito de calefacción de la vivienda, es necesario que sea impulsada por una bomba de agua. Esta bomba de agua se ha hecho únicamente para el modelado, no ha sido calculada sus características, ni la geometría para los alabes del interior, ya que esto puede ser incluso un TFG completo el dimensionado y caracterización de una bomba de agua de manera correcta. Del mismo modo, la empresa que se encargase de la creación de las calderas, es muy improbable que

también se dedique a la propia creación de bombas de agua, ya que son especialidades totalmente diferentes, y lo más cómodo es la compra de ella según sea conveniente.

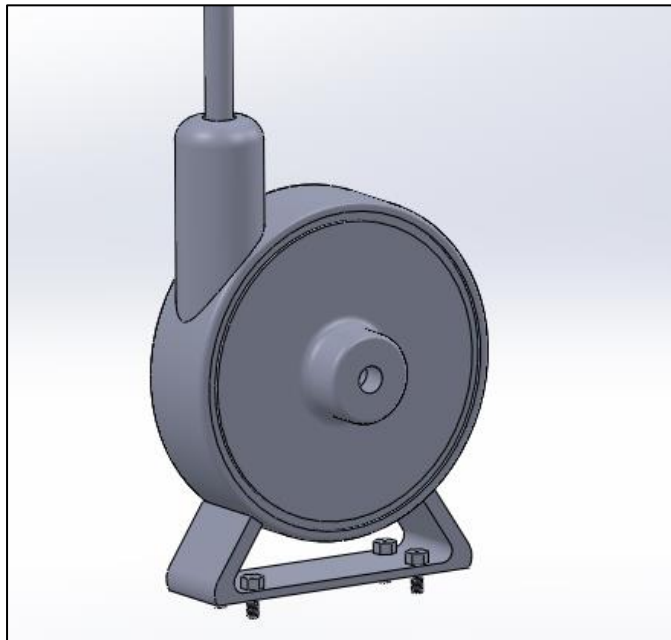


Ilustración 7.17

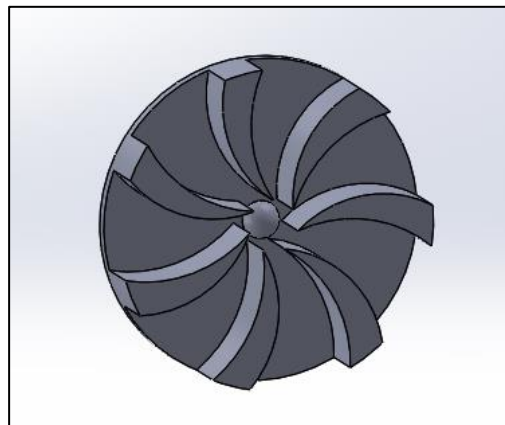


Ilustración 7.18

7.2.3. Depósito de pellet

En esta sección enseñaremos el mecanismo utilizado y modelado para trasladar el pellet a su combustión. El mecanismo de traslación es sencillo, se trata de un tornillo sin fin que desplaza los pellets de madera desde el depósito hasta la caja de combustión. El ensamblaje contiene 3 piezas importantes, el propio depósito de madera, el tornillo sin fin, y el motor eléctrico.

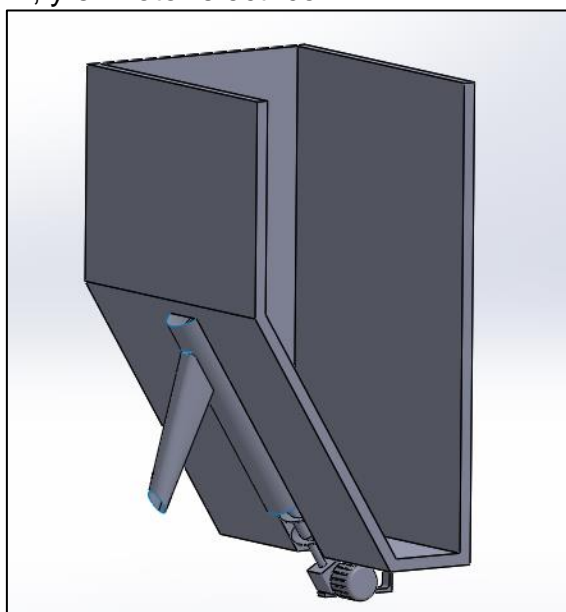


Ilustración 7.19

Muchas calderas de biomasa, tienen un gran depósito con el tornillo sin fin en la parte inferior y de manera horizontal. La idea de ponerlo de manera vertical, es por aprovechar el ancho de la caldera, y al tener la mitad inferior de manera oblicua, podemos usarla para la colocación de la bomba, tuberías y demás componentes que sean necesarios. De esta manera se ahorra un valioso espacio y la caldera no tiene que ser de proporciones altas.

Para la realización del tornillo sin fin, se ha utilizado la función de “Hélice y Espiral”. A continuación, se ha procedido a crear un croquis rectangular y convertir dicha hélice en una superficie con la operación de “Barrer Superficie”. Después se han cerrado las partes abiertas con superficies planas y han sido cosidas.

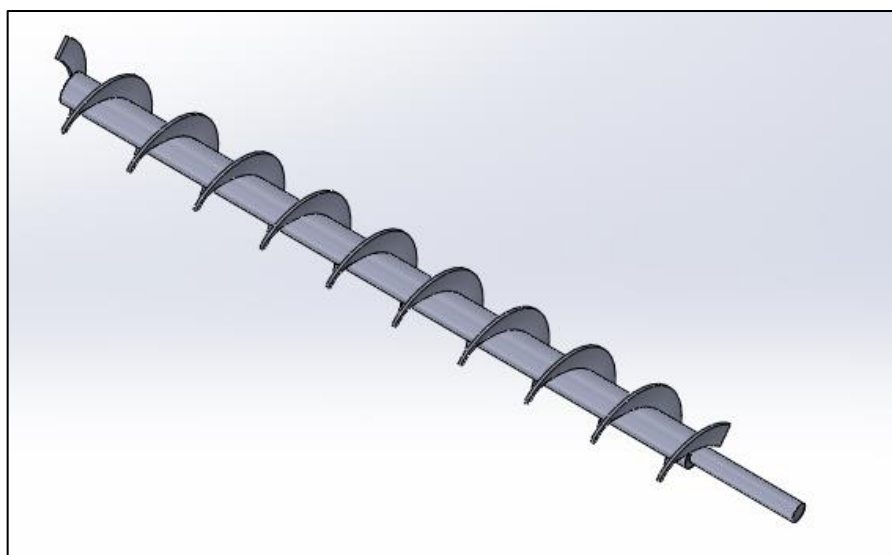


Ilustración 7.20

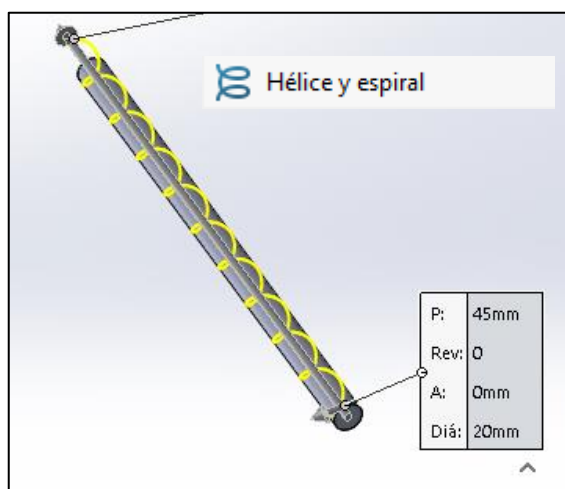


Ilustración 7.21

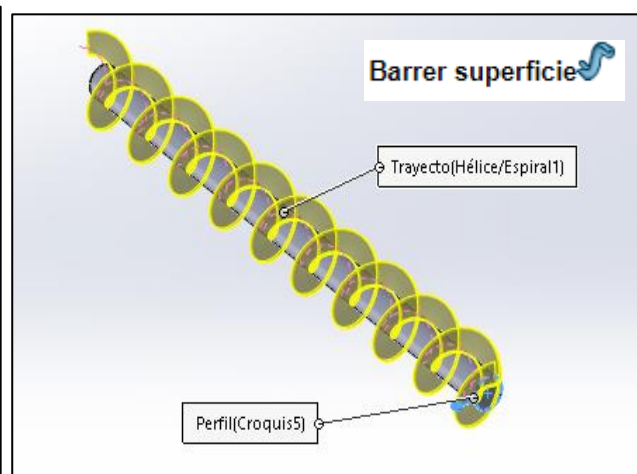


Ilustración 7.22

7.2.4. *Extracción y expulsión de gases de combustión*

El modelado de un extractor de humos era algo indispensable, ya que sin esto todos los gases de combustión estarían esparcidos por toda la caldera, creando así un riesgo importante de que puedan salir por pequeños defectos o aberturas que se creasen por el paso del tiempo y su utilización. Este extractor está encima de las tuberías y cuenta con dos ventiladores.

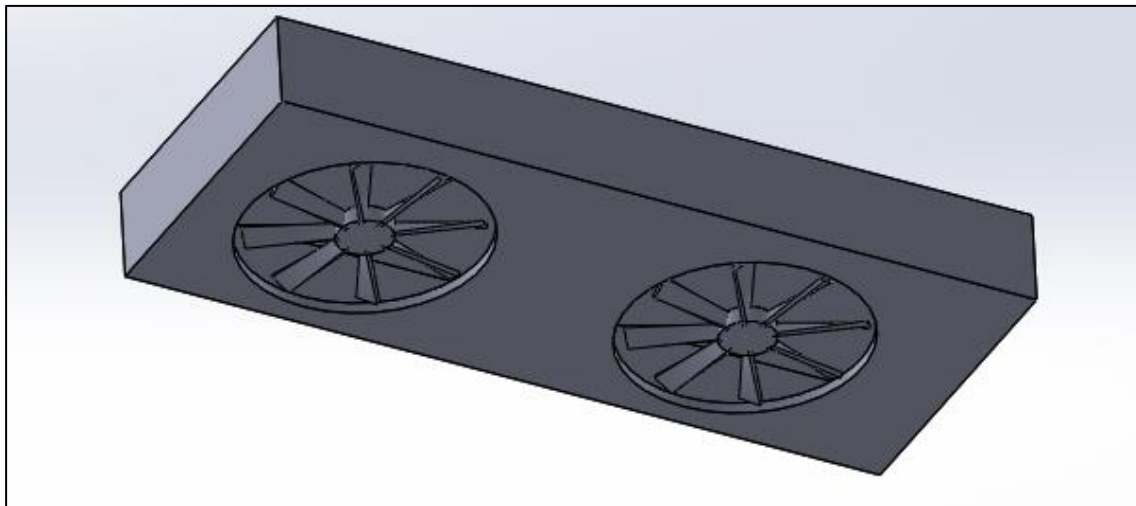


Ilustración 7.23

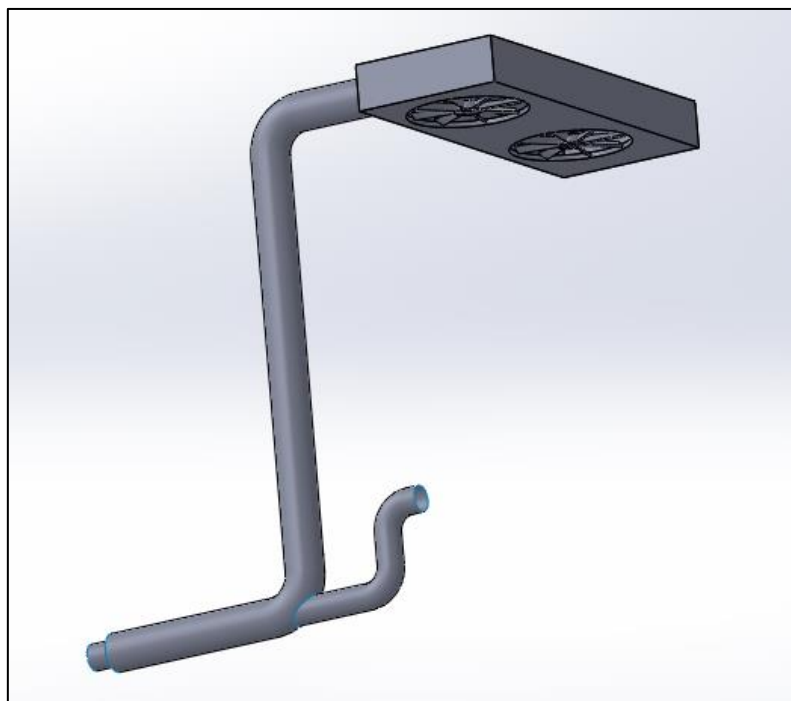


Ilustración 7.24

Las aspas de los ventiladores están torsionadas, esta operación se ha realizado mediante la operación “Recubrir Superficie” y luego mediante superficies planas y cosido se ha cerrado todo el sólido.

Recubrir superficies: La diferencia con respecto “Barrer superficie”, es que en esta se necesitan 3 croquis. Dos croquis son la geometría del punto inicial y final, y el tercer croquis es la curva guía.

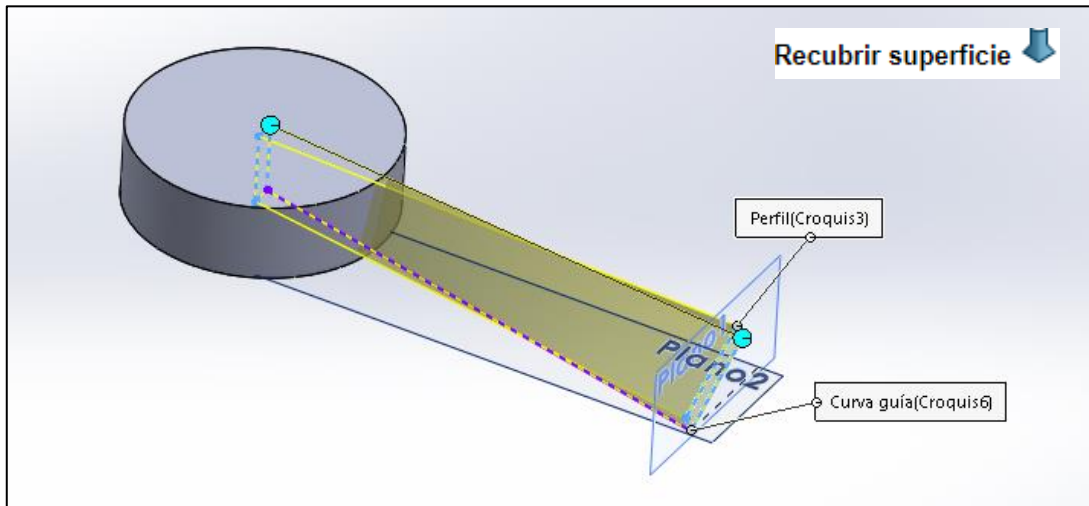


Ilustración 7.25

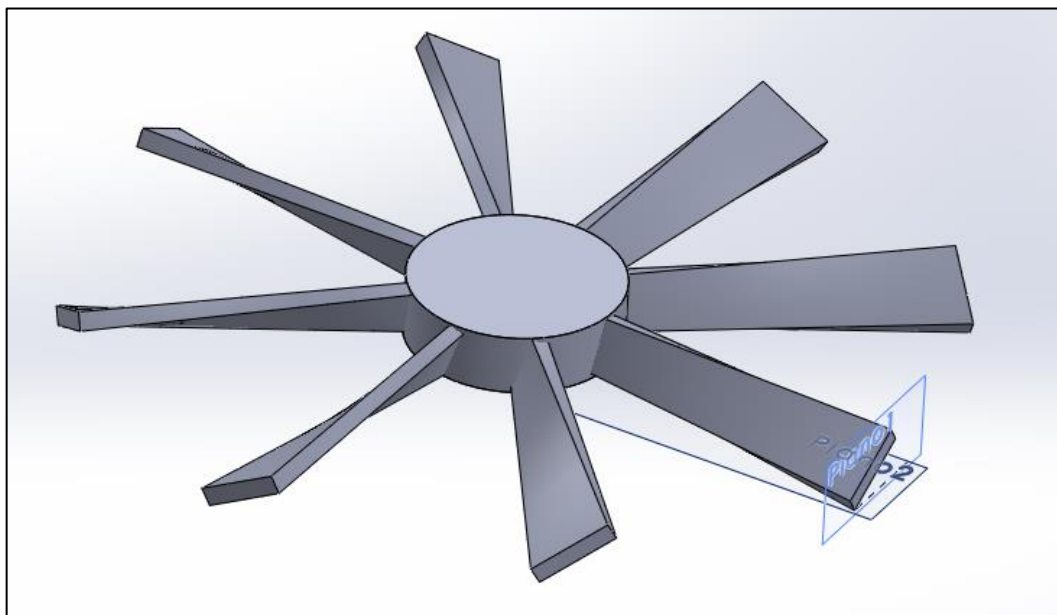


Ilustración 7.26

El tubo de los gases de combustión tiene su inicio en la parte posterior del extractor, siendo su finalización por la parte inferior y trasera de la caldera. Dentro de este tubo se encuentra uno más pequeño, este es el tubo de aspiración del aire de la calle. Esto es, porque al ser una caldera para vivienda, está prohibido por ley que pueda coger el aire de la casa, para así no poner en riesgo de asfixia a las personas. Al crear esta intersección de tubos, y estos al ser creados con superficies, se ha debido de usar la operación de “Recortar Superficie” para poder hacerlo.

Recortar superficie: Utilizar una superficie, un plano o un croquis como herramienta de recorte para recortar superficies intersectantes.

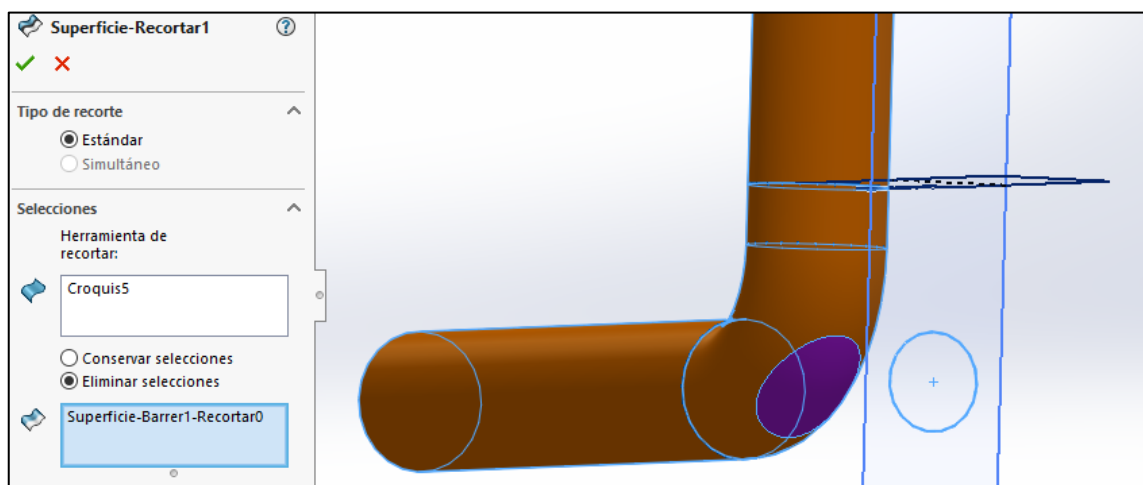


Ilustración 7.27

7.2.5. Puertas

En esta última sección veremos las diferentes aperturas y/o puertas que tiene la caldera. Dispone de 3 diferentes, dos en la parte frontal y una en la parte superior. Cada una de ellas tiene un mecanismo diferente para su apertura, haciendo así uso de varias resoluciones diferentes para una misma posible solución.

En la parte frontal encontramos la puerta principal, donde la gran superficie de ella es cristal. Tiene un gran marco y un contramarco detrás para así mantener los humos en su interior. El problema de que el cristal pueda transferir calor no es ninguno, a que calentaría la sala donde estuviera la caldera. Si bien parece simple, el mecanismo de apertura se ha decidido que sea seguro, de esta manera es un pestillo

giratorio, teniendo que girar un total de dos vueltas para poder abrir la puerta, de esta manera nos evitamos poder tener futuros problemas de abrir la puerta teniendo la llama encendida.

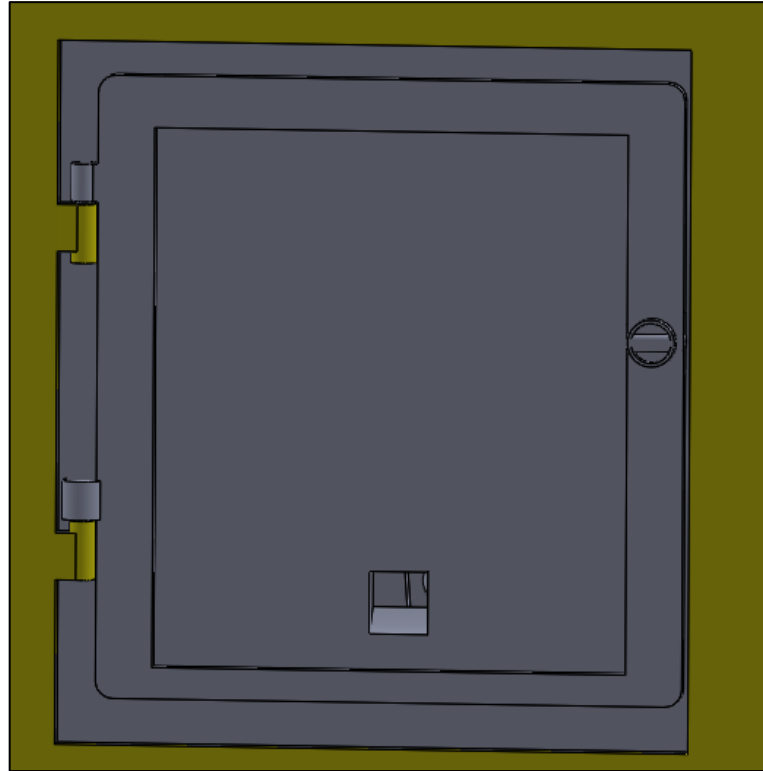


Ilustración 7.28

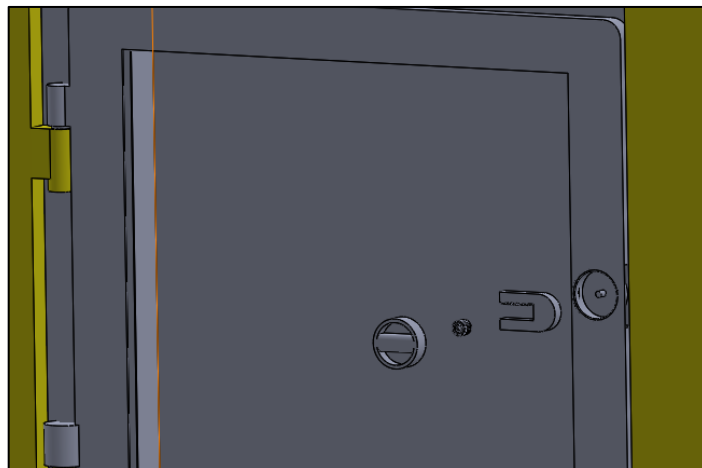


Ilustración 7.29

El mecanismo es un engranaje diseñado a pequeña escala para que pueda introducirse dentro del espesor de la puerta, este está unido a su pieza frontal mediante un eje que le permite dar vueltas. Mediante las tablas Excel que pueden ser integradas en Solidworks, se hace más sencillo poder introducir las variables para que la rueda dentada tenga proporciones exactas.

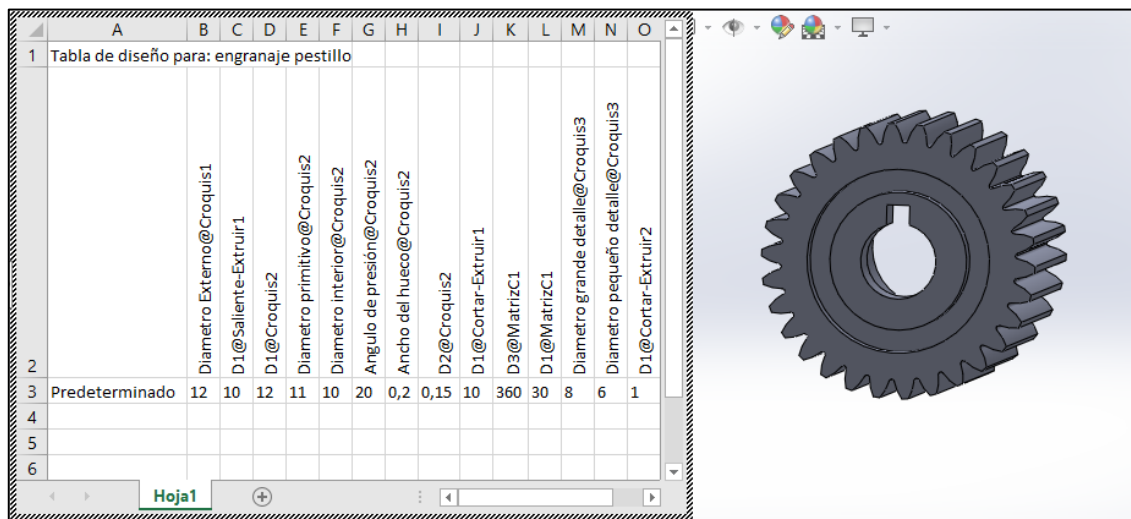


Ilustración 7.30

La puerta de la parte frontal inferior tiene un diseño sencillo y elegante. Se ha procedido a montar un sistema de muelles con imán. Esto es que la puerta está unida magnéticamente. Una vez que empujamos la puerta hacia atrás, un muelle se comprime y al dejar de empujar, la fuerza ejercida por el muelle es superior a la fuerza magnética y la puerta se abre. La función de esta puerta es poder sacar la caja donde cae la ceniza y tener un mantenimiento correcto de la parte inferior de la caldera.

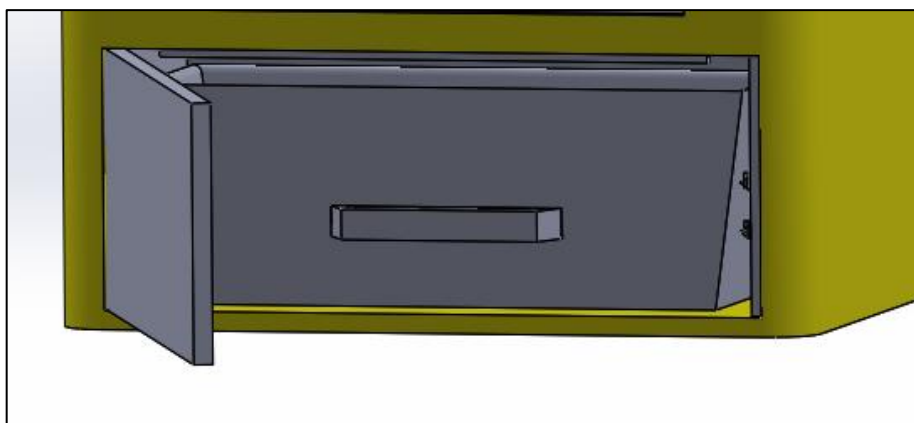


Ilustración 7.31

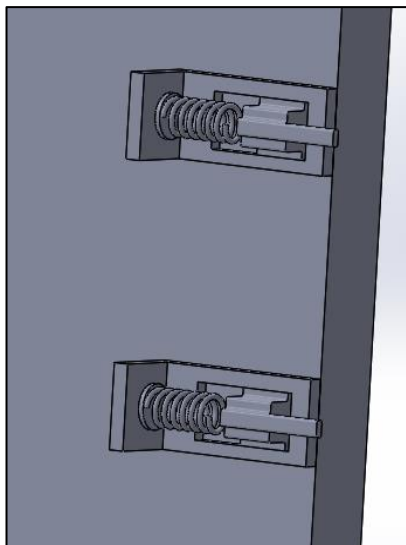


Ilustración 7.32

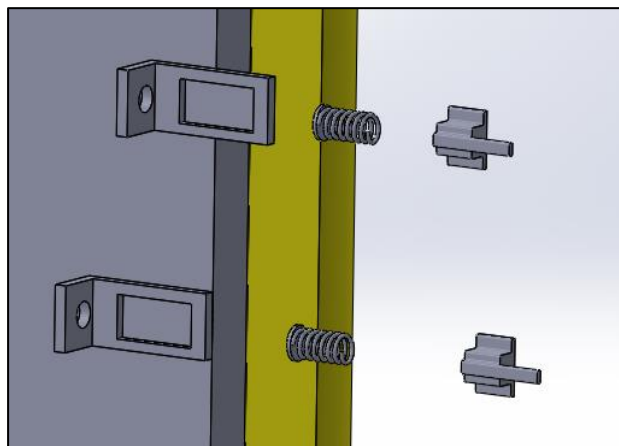


Ilustración 7.33

La puerta de la parte superior, es para poder proceder a la reposición de pellet. Cuando la tapa se levanta, se puede proceder hasta poco más de 90°, ángulo suficiente para su apertura completa. También se puede levantar y quitar totalmente la puerta, esto es por si es más cómodo para la persona volcar directamente un saco de pellets encima de la caldera y no tener que ir poco a poco.

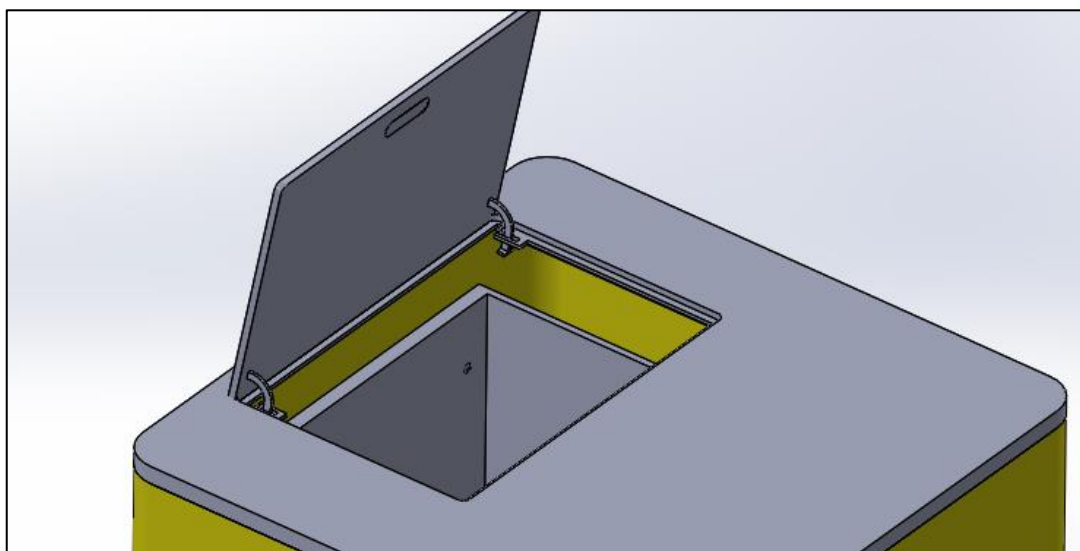


Ilustración 7.34

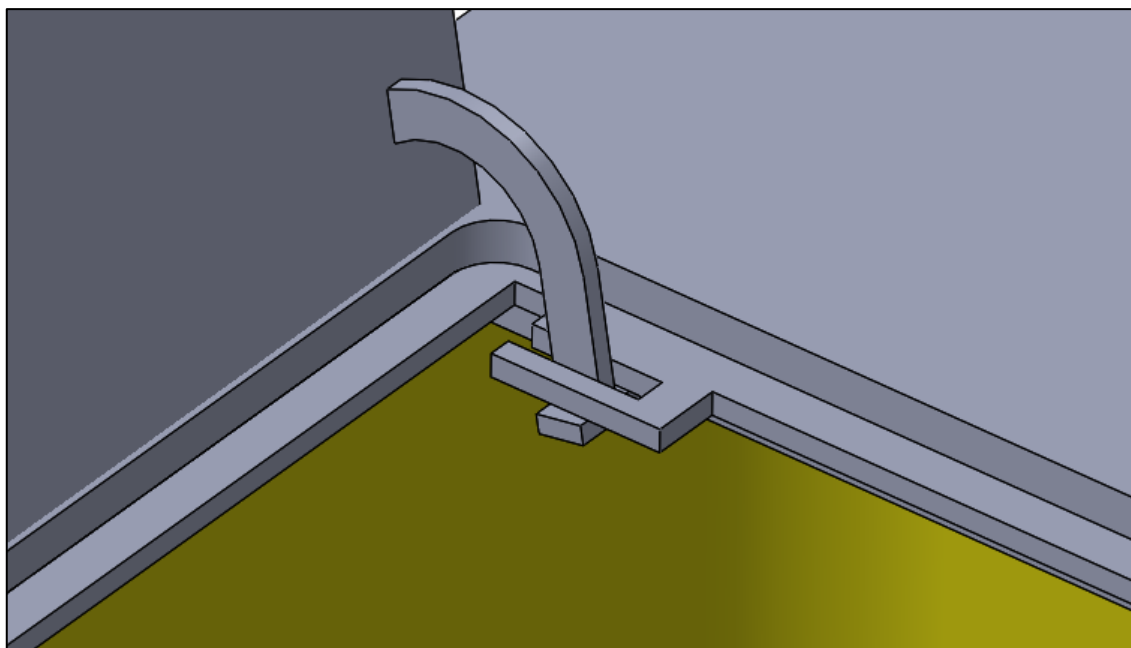


Ilustración 7.35

7.3. Vistas Explosionadas

Una vez que el modelado 3D de todas las piezas esta terminado y ensamblado. Una de las funciones que nos permite Solidworks es tener vistas explosionadas. De esta manera puede verse cual es la forma en la que estan unidas las piezas cual es con mayor claridad su mecanismo. También se puede grabar en video un recorrido alrededor del ensamblaje mientras los componentes se abren del mecanismo inicial. En esta sección se mostraran varias vistas explosionadas en imágenes para poder apreciarse la gran composición de piezas que lleva a cabo todo el ensamblaje.

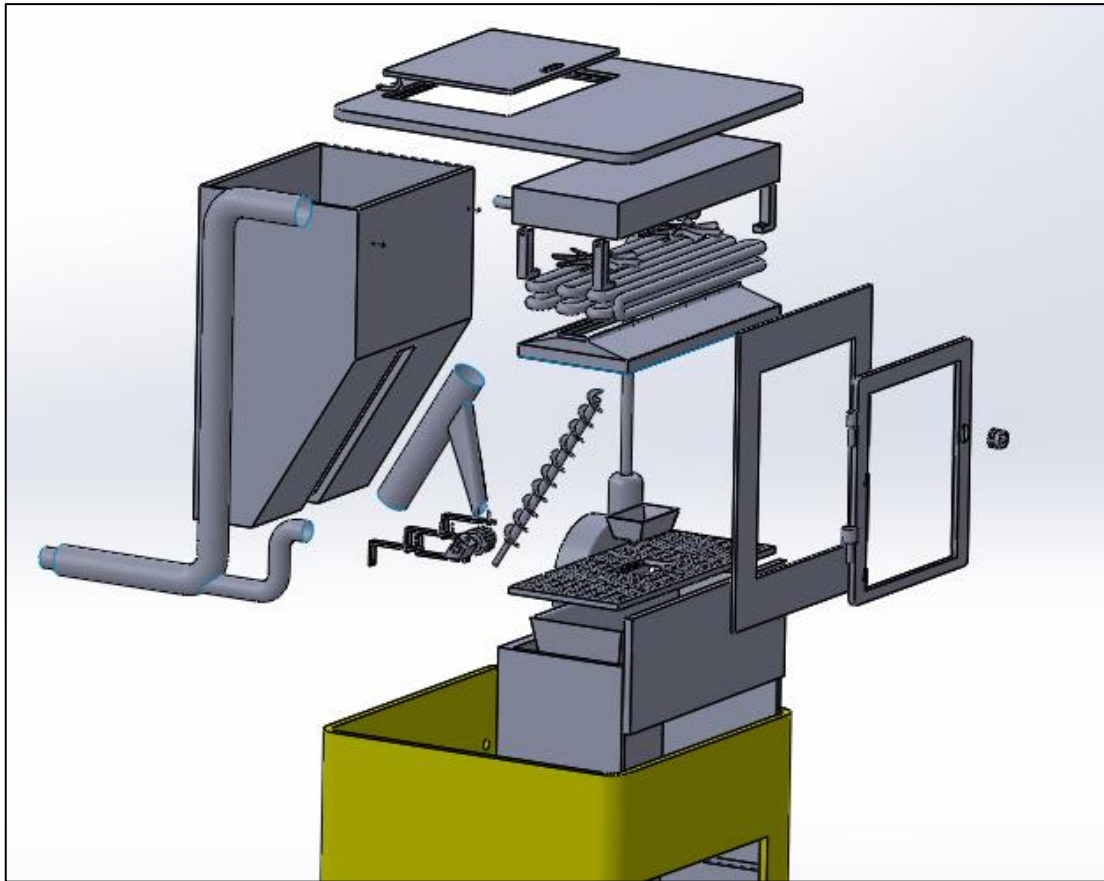


Ilustración 7.36

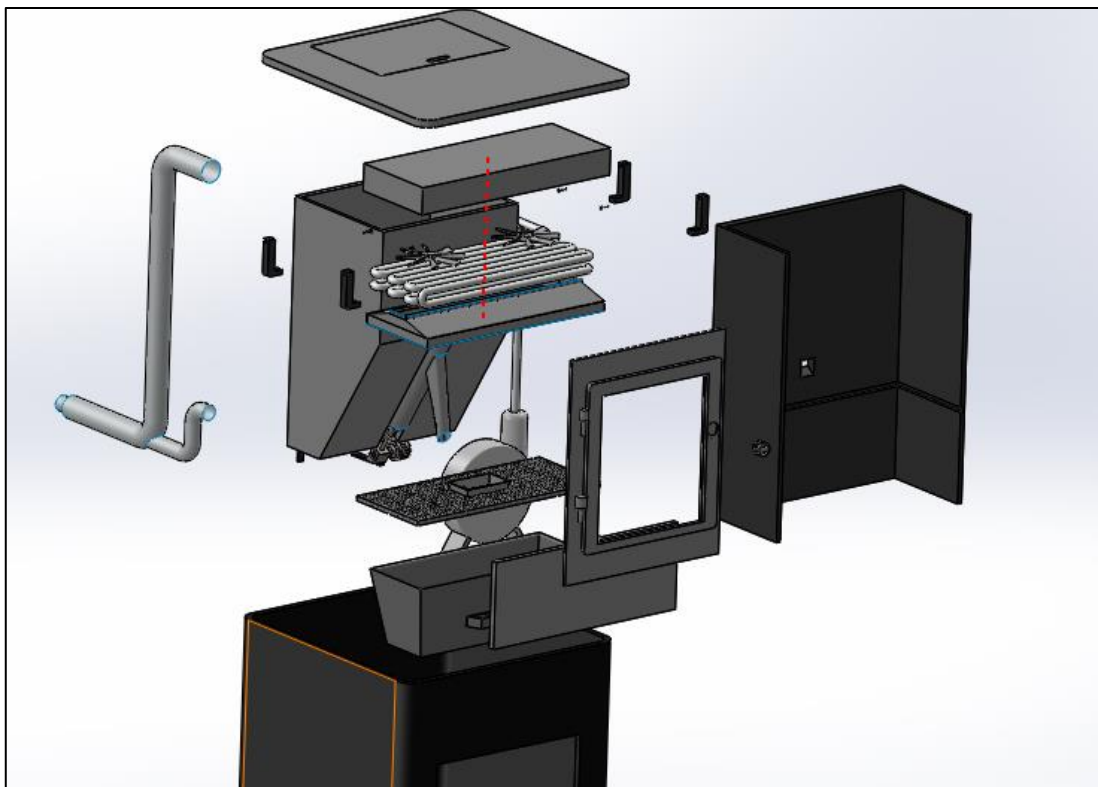


Ilustración 7.37

También se pueden aprovechar estas vistas para ver detalles mas pequeños. Así comprender la continuidad de los mecanismos o su función.

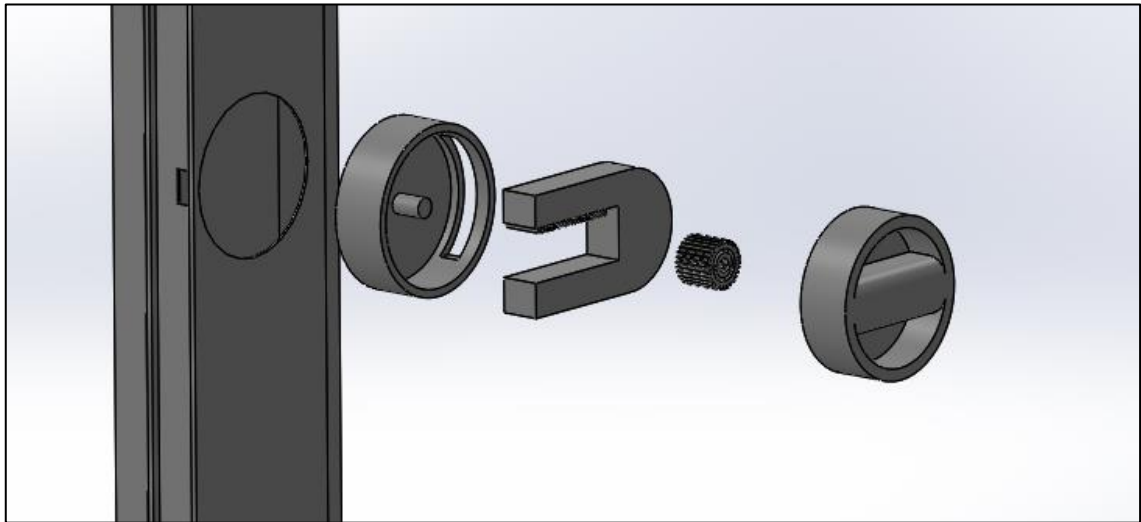


Ilustración 7.38

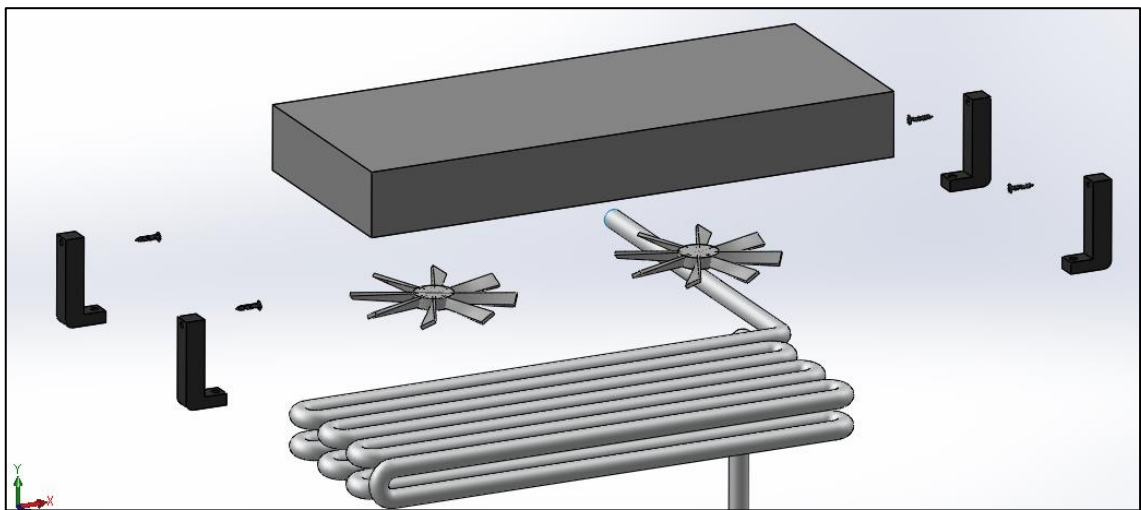


Ilustración 7.39

8. Propiedades físicas de las piezas

8.1. Materiales

Solidworks no permite añadir a las piezas creadas las propiedades de un material. Dentro de configurador podemos elegir entre una gran cantidad de materiales diferentes. Solidworks los divide en dos categorías, Solidworks DIN Materials y Solidworks Material. También dispone de un material plástico personalizable. En cada material, el programa especifica sus características, como puede ser el modulo elástico, la densidad masica o su conductividad térmica.

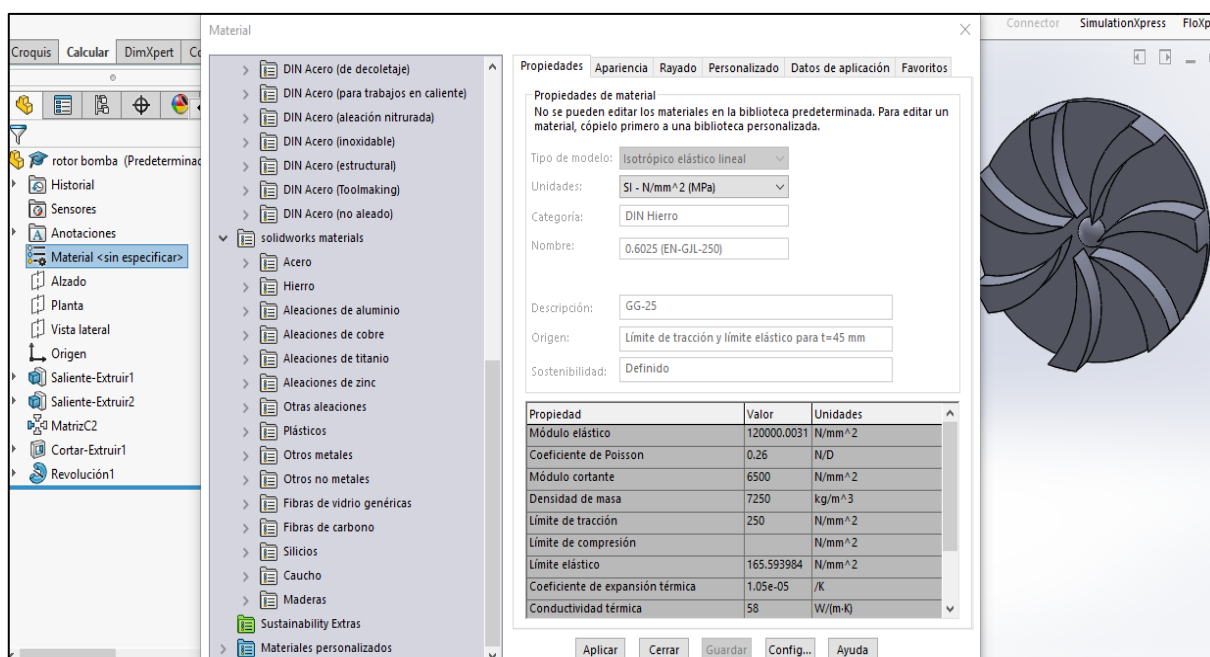


Ilustración 8.1

En las piezas que están en contacto con el fuego y tienen una gran carga calorífica, el material seleccionado ha sido hierro fundido. Solidworks para este tipo de material tiene el nombre de Hierro gris. Al seleccionar el deseado, se le aplica el color común del material por defecto, sin embargo, más adelante se puede modificar el color a la apariencia deseada.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	66178.1	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.27	N/D
Módulo cortante	50000	N/mm ²
Densidad de masa	7200	kg/m ³
Límite de tracción	151.658	N/mm ²
Límite de compresión	572.165	N/mm ²
Límite elástico		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.2e-05	/K
Conductividad térmica	45	W/(m·K)

Ilustración 8.2

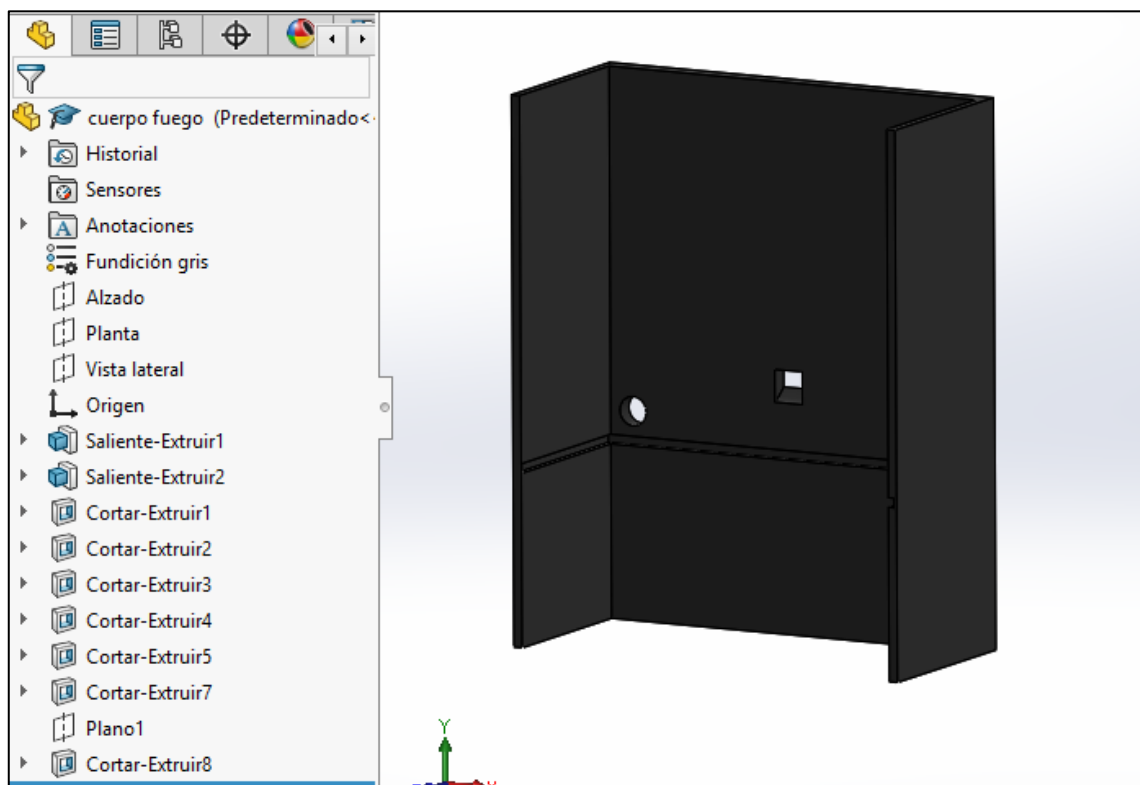


Ilustración 8.3

Los tubos utilizados en el interior de la caldera ya habían sido dimensionados en el capítulo del intercambiador de calor. El material elegido había sido cobre por su gran capacidad de transferencia de calor. El valor utilizado en los cálculos ha sido el de 401 W/mK porque era el especificado en las tablas de ingeniería térmica. En este caso, el material Cobre de Solidworks tiene una conductividad térmica de 390 W/mK, pero no supone ningún problema a gran escala.

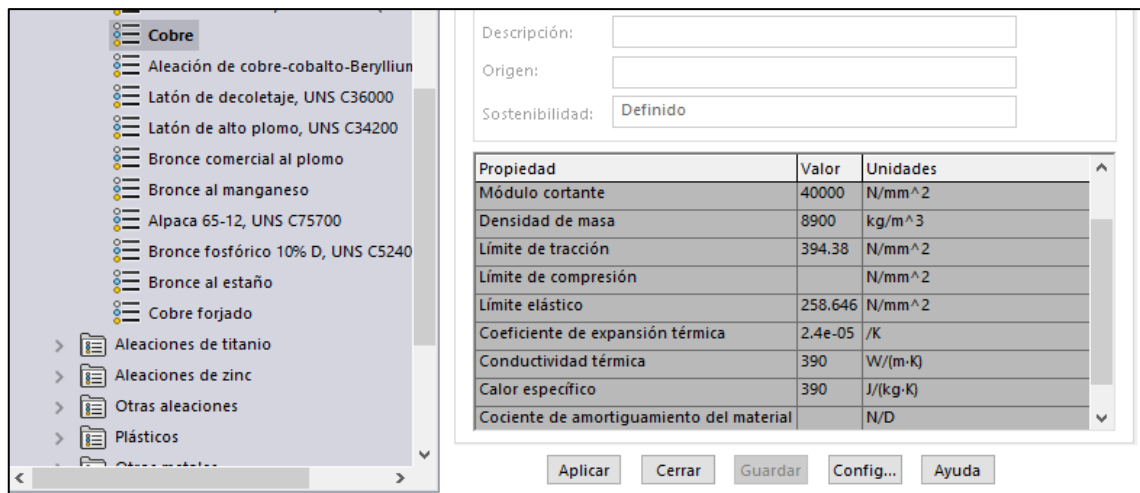


Ilustración 8.4

En las piezas del exterior de la caldera, se ha utilizado chapa de acero. Esto se debe a que es un material muy comercial, manejable y de fácil reparación y/o sustitución si se diera el caso. También es apto por sus propiedades y es el más utilizado en las calderas del mercado.

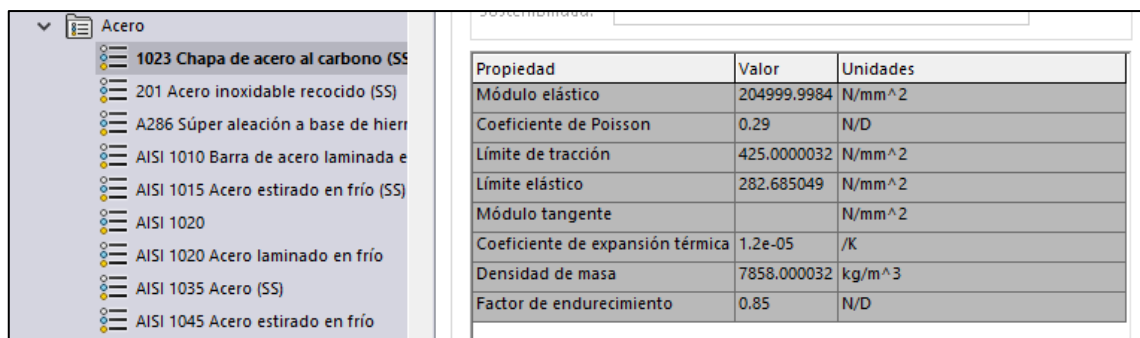


Ilustración 8.6

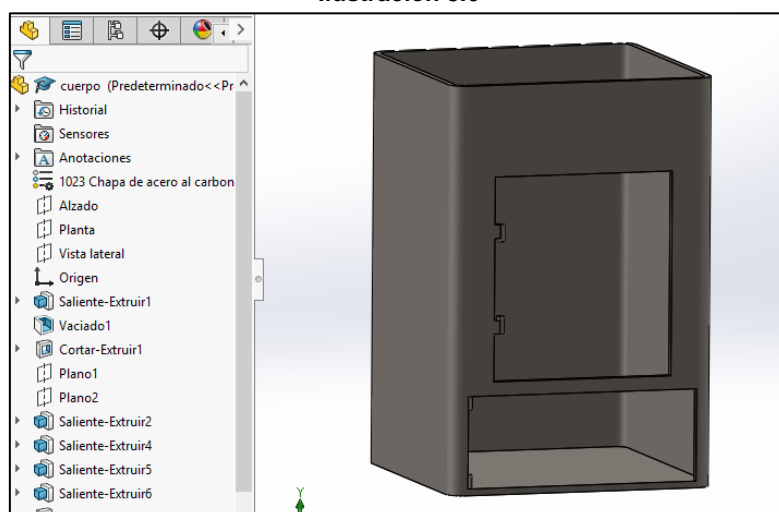


Ilustración 8.7

8.2. Color

La apariencia es uno de las opciones con mayor combinaciones que ofrece el programa. Solidworks tiene una gran variedad de colores de los materiales más comunes que se trabajan en la industria. Para acceder a ellos debemos de irnos al icono de la bola multicolor y se nos abrirá la Biblioteca de apariencias, escenas y calcomanías.

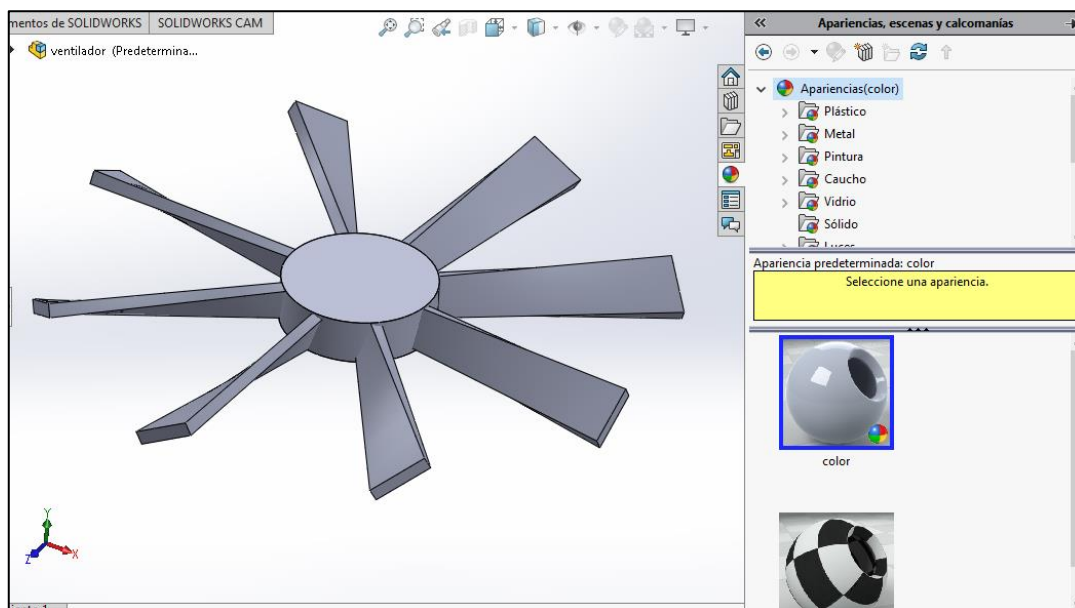


Ilustración 8.8

Con las apariencias podemos hacer que nuestro ensamblaje tenga un color más agradable, distinguir las distintas piezas que en él se encuentran o diseñarlo para un objetivo mas comercial. A continuación se mostraran distintos tipos de colores que podemos emplear.

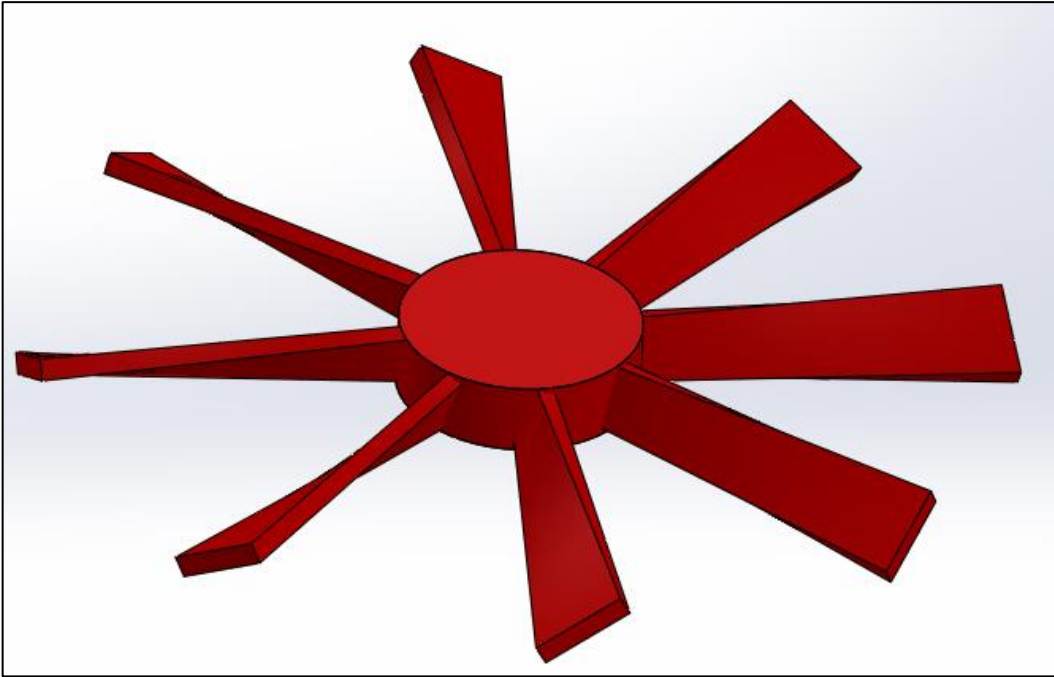


Ilustración 8.9

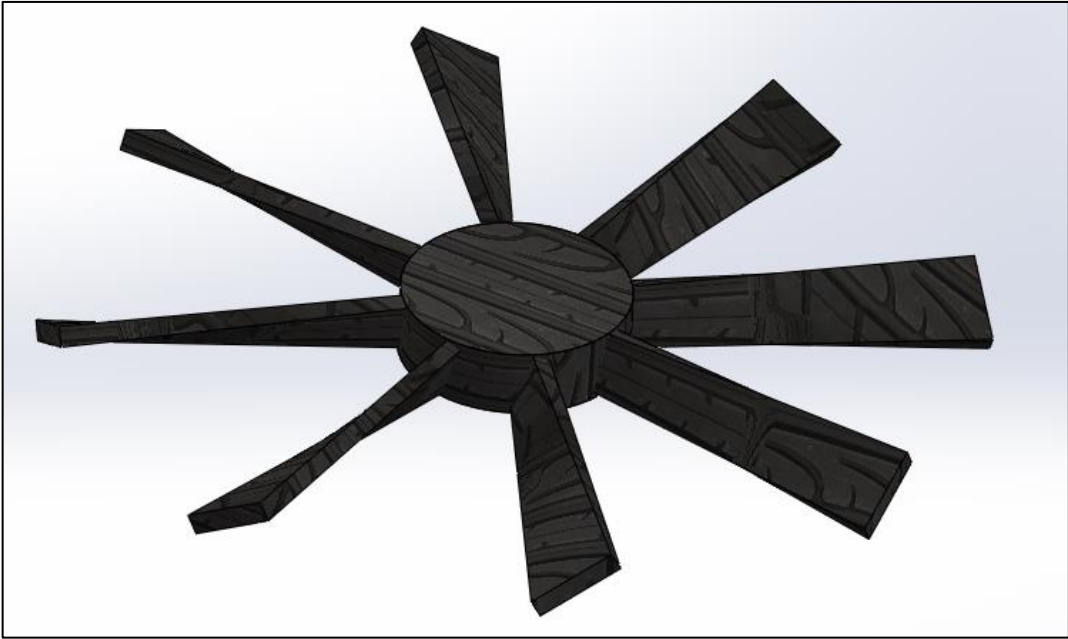


Ilustración 8.10

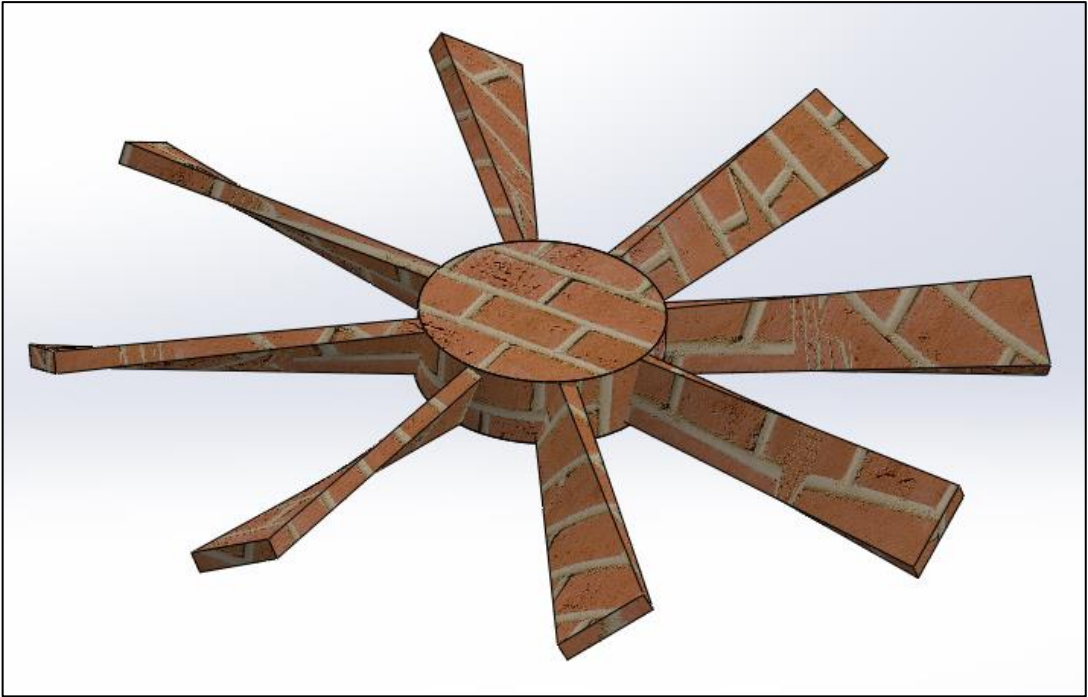


Ilustración 8.11

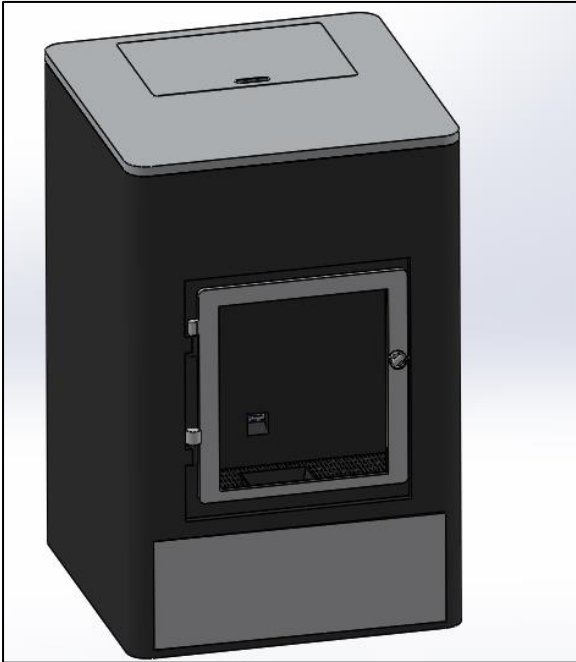


Ilustración 8.12

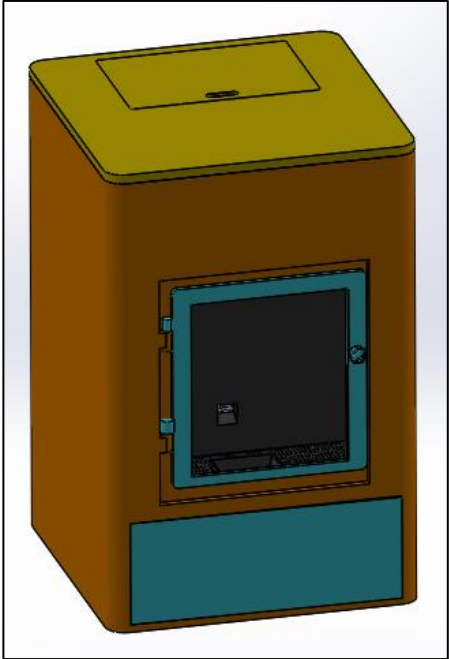


Ilustración 8.13

8.3. Iluminación

La iluminación en Solidworks se modifica a partir de luces y focos de luz. Estos se distribuyen a lo largo de las coordenadas cartesianas y pueden iluminar la parte que se desee del objeto. Para una mejor visualización de los cambios de intensidad de luz, se dejará la caldera con unos colores claros.

8.3.1. Luz ambiental

Ilumina el modelo uniformemente desde todas las direcciones. En una habitación de paredes blancas, el nivel de luz ambiental es alto puesto que la luz se refleja en las paredes y otros objetos. [4]

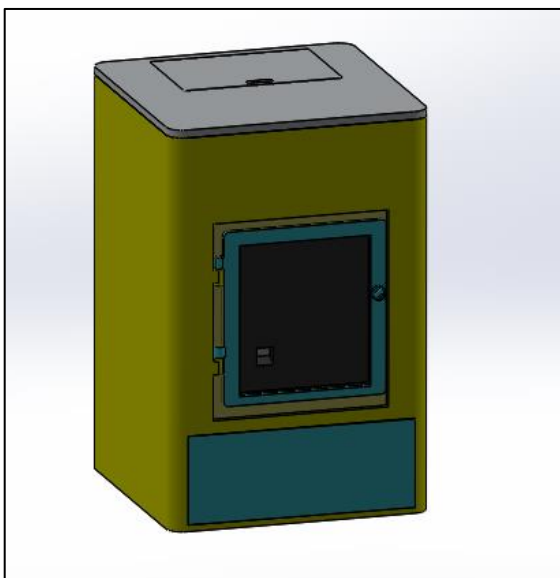


Ilustración 8.14

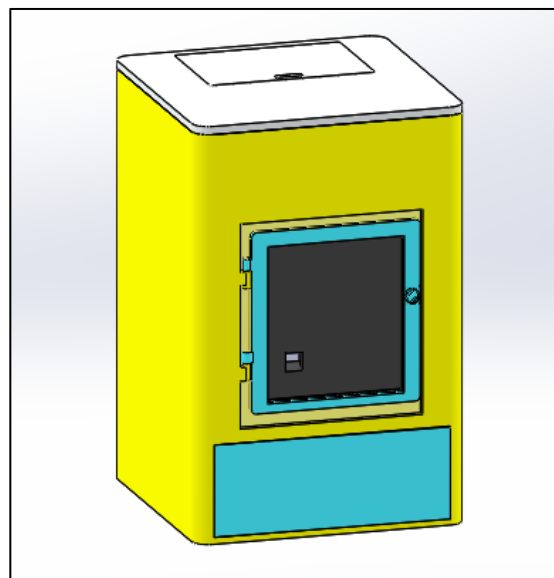


Ilustración 8.15

8.3.2. Luz direccional

Proviene de una fuente que se encuentra infinitamente lejos del modelo. Ésta es una fuente de luz en forma de columnas y compuesta de rayos paralelos que provienen de una única dirección, como el sol. [4]

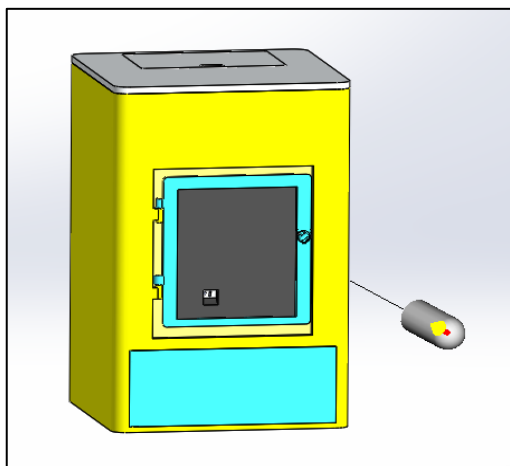


Ilustración 8.16

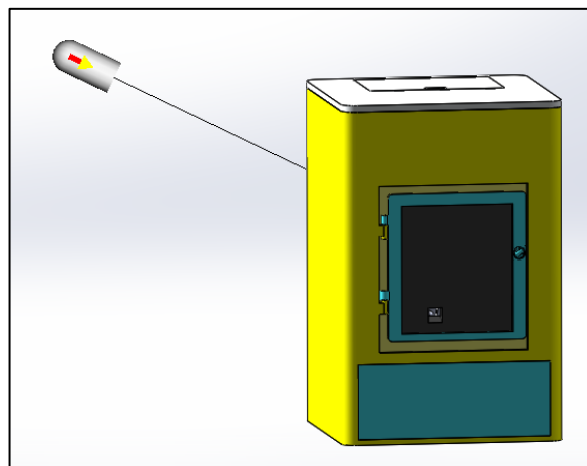


Ilustración 8.17

8.3.3. Luz puntual

Proviene de una fuente de luz pequeña situada en una coordenada específica en el espacio del modelo. Este tipo de fuente de luz emite luz en todas direcciones. Produce el efecto de una pequeña bombilla de luz que flota en el espacio. [4] En todas las luces podemos cambiar el color de luz que emite, pudiendo dar un toque realista a nuestra caldera.

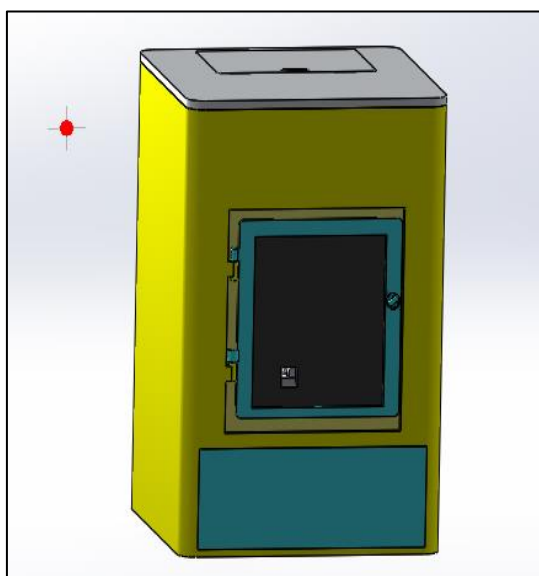


Ilustración 8.18

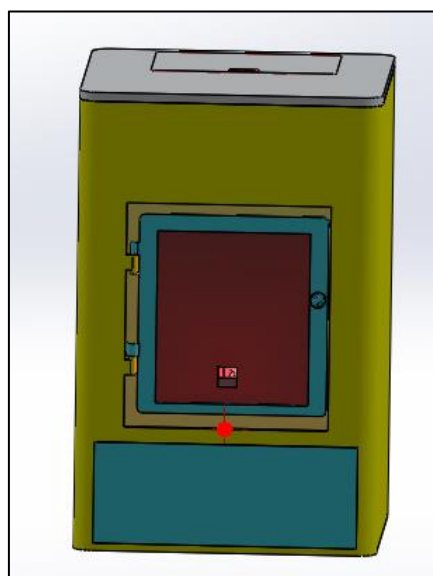


Ilustración 8.19

8.3.4. Luz concentrada

Es una luz restringida y enfocada en un punto que emite un haz en forma de cono cuyo punto más brillante es el centro. Una luz concentrada puede dirigirse a un área específica del modelo. Se puede ajustar la posición y distancia de la fuente de luz relativa al modelo, y se puede ajustar el ángulo a través del cual se expande el haz. [4] (Numero de Reynolds, Wikipedia)

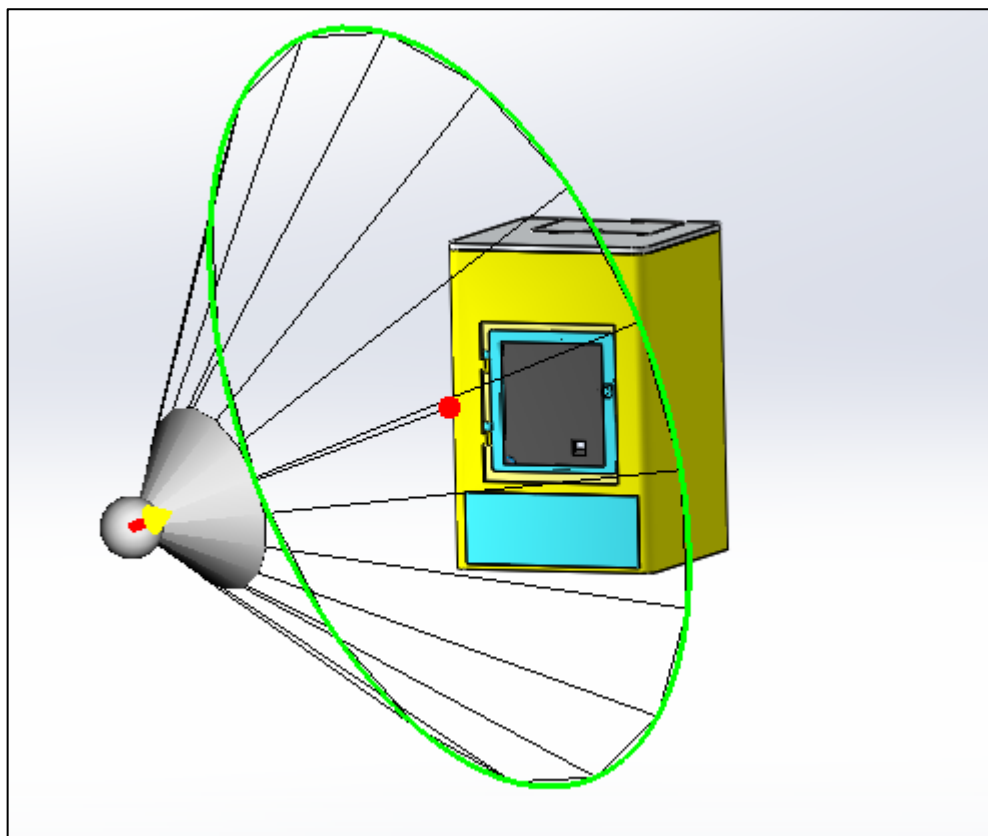


Ilustración 8.20

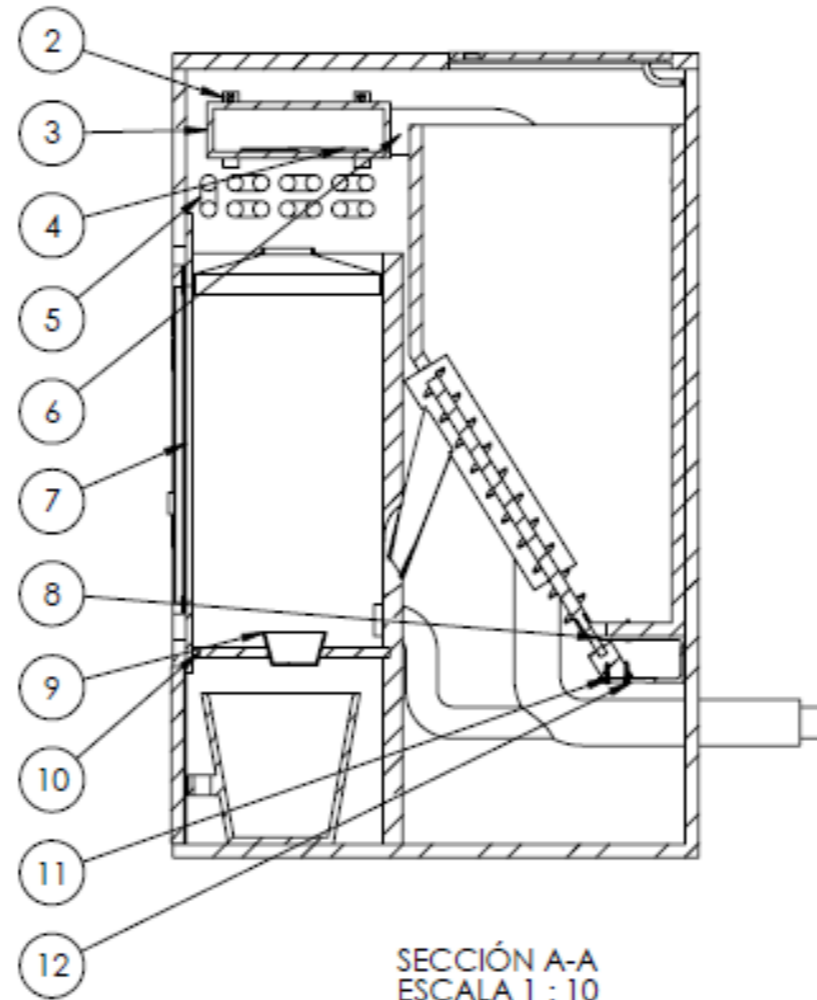
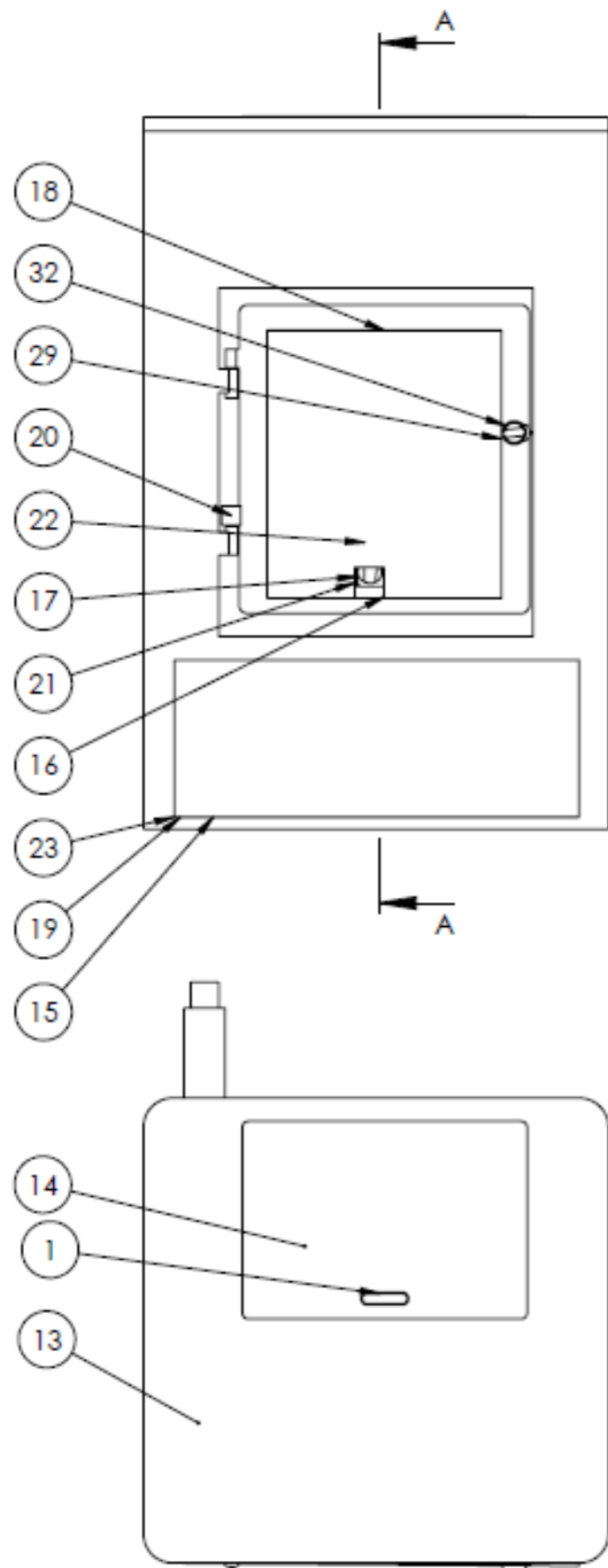
8.3.5. Escenas

Por último en este capítulo, tenemos la aplicación de escenas de fondo. Esto consiste en poner en el fondo de la pantalla un color, paisaje o dibujo diferente al que Solidworks tiene por defecto. Puede ser de utilidad cuando queremos ver como puede verse reflejado un elemento en condiciones más reales.

Este capítulo sería mucho mejor visualmente si se utilizase el renderizado de Solidwork y Photoview 360, en cambio, la versión educacional no lo tiene consigo y por ello no se pueden mostrar dichas fotografías.

9. Planos

Han sido realizado los planos de las ensamblajes y piezas. Todos ellos pueden ser consultados en el Anexo 3. A continuación se muestra diferentes planos como muestra de lo que posibilita el programa y como se ha procedido a dibujar los planos. Todos ellos se han hecho individualmente uno a uno. Se ha diseñado un cajetín para este trabajo, en el cual se puede ver información importante como es el número de plano, la escala y el tamaño.



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	agarre tapa	1
2	escuadra	4
3	extractor humos	1
4	ventilador	2
5	tuberías	1
6	tubo escape	1
7	Pieza2	1
8	agarre_motor	4
9	caja de combustion	1
10	rejilla	1
11	motor electrico	1
12	tornillo_M7	14
13	tapa superior	1
14	cierre tapa	1
15	caja de ceniza	1
16	sin_fin	1
17	deposito_pellet	1
18	contraccion_gases	1
19	cuerpo	1
20	puerta	1
21	cuerpo fuego	1
22	tubo_tornillo	1
23	puerta inferior	1
24	apoyo cierre muelle	2
25	muelle	2
26	pieza movil muelle	2
27	bomba	1
28	pestillo_1	1
29	pestillo_2	1
30	tornillo_M12	4
31	engranaje pestillo	1
32	pestillo 4	1

Ensamblaje Principal. Caldera

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/10

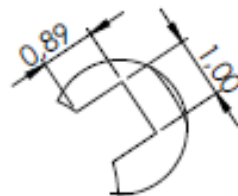
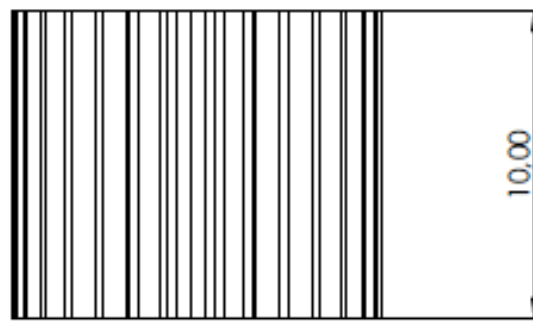
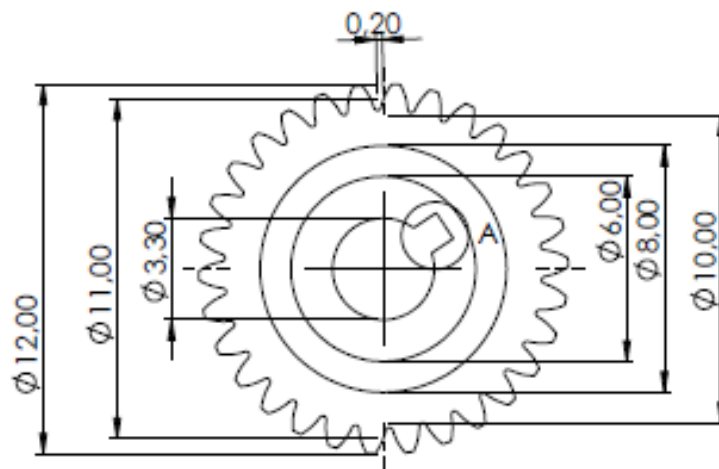


UNIVERSIDAD DE JAÉN


TAMAÑO A2

Nº Plano 1.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



DETALLE A
ESCALA 10 : 1

Engranje Pestillo		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 5/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
TAMAÑO A4	Nº Plano 5.3	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

10. Programación

Una ampliación que se podría hacer a la caldera para así complementar por último este trabajo de fin de grado, será hacer una pequeña programación, ya que las calderas comerciales tienen automatismos en su interior. Una de las formas más fáciles es implantarle una “Raspberri Pi”, ya que es un ordenador de tamaño muy reducido y con una sola placa. Las funcionalidades son muy grandes y su precio muy bajo, no llega a más de 25€.

Atendiendo a los catálogos comerciales, las funciones son muy simples, únicamente tienen un cambio de velocidad del motor eléctrico, el cual hace girar más rápido o más lento el tornillo que suministra el pellet. De esta manera se ha utilizado el software Matlab para hacer una pequeña programación.

```
uno=30;
dos=45;
tres=60;
rpm=0;
j=input('Introduzca el Nivel ');

switch j
    case 1
        rpm=uno;
    case 2
        rpm=dos;
    case 3
        rpm=tres;
end

disp(['Nivel número ',num2str(j)])
```

Para hacer más cómoda esta funcionalidad, cabe la posibilidad de añadir un pequeño mando de control remoto. Este es simple y cómodo, con un tamaño que cabe en la palma de la mano y no sea necesario más espacio. El mando tiene únicamente el botón de Encendido/Apagado y tres botones para elegir la relación de velocidad. Estos

métodos son cómodos, ya que la temperatura de diseño estará en el número 2. El nivel 1 será para días con menos frío que no sea necesaria tanta potencia calorífica, y por el contrario, el nivel 3 será para días con temperaturas más gélidas, teniendo así garantizado el confort.



Ilustración 10.1



Ilustración 10.2

Para hacer completo el modelado de la programación, debemos de crear el ordenador que se inserta dentro de la caldera, y la carcasa que este lo recubre. A continuación se muestran dichas imágenes.

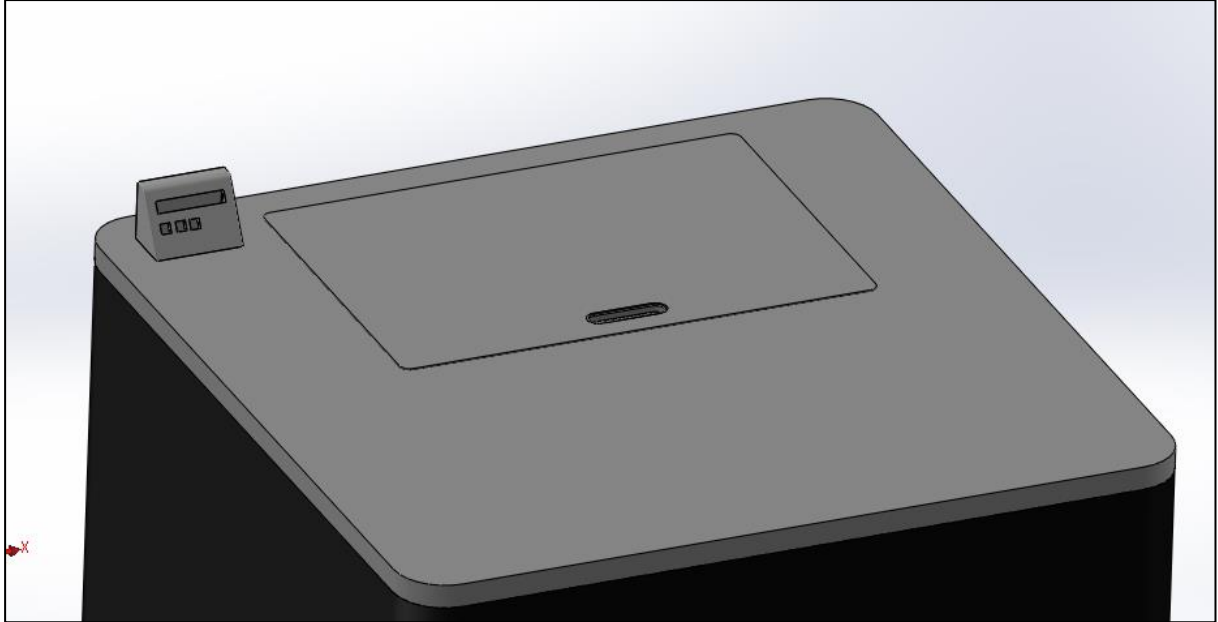


Ilustración 10.3

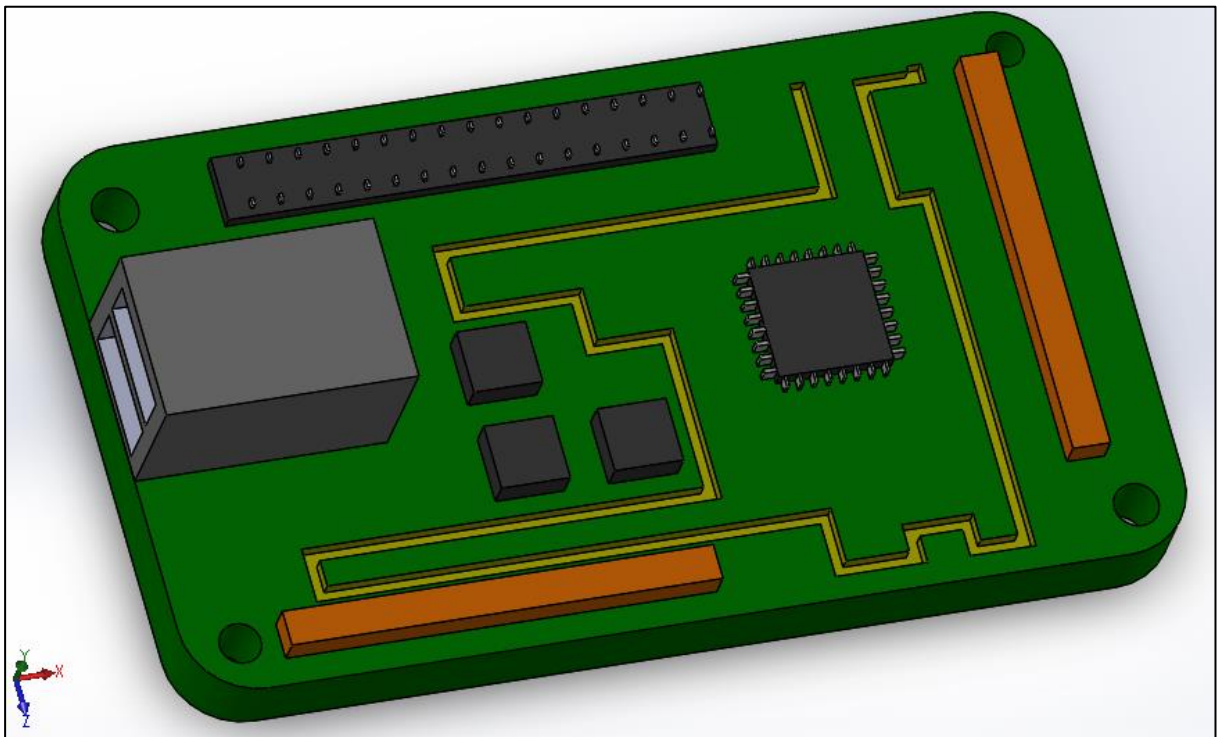


Ilustración 10.4

11. Conclusiones

En este Trabajo Fin de Grado se ha realizado el modelado y cálculo analítica de una caldera de biomasa para una vivienda unifamiliar. Se han completado los diferentes objetivos planteados, los cuales eran el cálculo correcto de un intercambiador de calor, el proceso de combustión del combustible elegido y el modelaje y diseño de toda la caldera.

El sistema de calefacción ha sido pensado para una vivienda unifamiliar de radiadores de tubos de agua convencionales. Haciendo así que el calor pueda ser repartido a lo largo de todo el inmueble, ampliando la zona de calefacción de una estufa tradicional. El combustible elegido ha sido pellets de madera exclusivamente, convirtiendo así la caldera en una fuente que utiliza energía renovable.

Se ha realizado en primer lugar el cálculo de la demanda energética de la vivienda, y posteriormente el cálculo del intercambiador de calor. Esto ha sido realizado gracias al aprendizaje llevado a cabo durante el grado. Se ha realizado mediante una hoja excel, automatizando los cálculos y realizando dos comparaciones con diferentes métodos, así puede darse seguridad a los resultados obtenidos. En este mismo bloque temático, en referencia a los cálculos térmicos, también se ha calculado el proceso de combustión de la madera, obteniendo así el gasto necesario para su combustión completa y eficiente.

A continuación, se ha procedido al modelado 3D de la maquinaria. La totalidad de las piezas han sido diseñadas en el programa Solidworks. Todas las piezas son originales y realizadas desde cero en este proyecto, exceptuando las piezas normalizadas, como pueden ser tornillos y tuercas.

Finalmente, se han elaborado los diferentes planos de ensamblaje principal, ensamblajes secundarios y piezas individuales.

11.1. Posibles ampliaciones

Este proyecto sin ninguna duda se puede llevar mas lejos. Por ello se deja abierta la posibilidad de un ampliación de futuro. El cuál sería estudiar su proceso de fabricación en la industria, así como su cadena de ensamblaje y sus análisis térmico con programas computacionales que se dediquen a ello.

También habría que pensar como si el diseño perteneciera a una firma empresarial, para así llevar a cabo un estudio de la competencia y los valores del mercado actual. De este modo se puede pensar una solución hasta ahora no vista o que sea más eficiente.

Por último habría que estudiar un plan de marketing y logística para que pueda salir a dicho mercado y tener su posicionamiento dentro de su nicho de mercado.

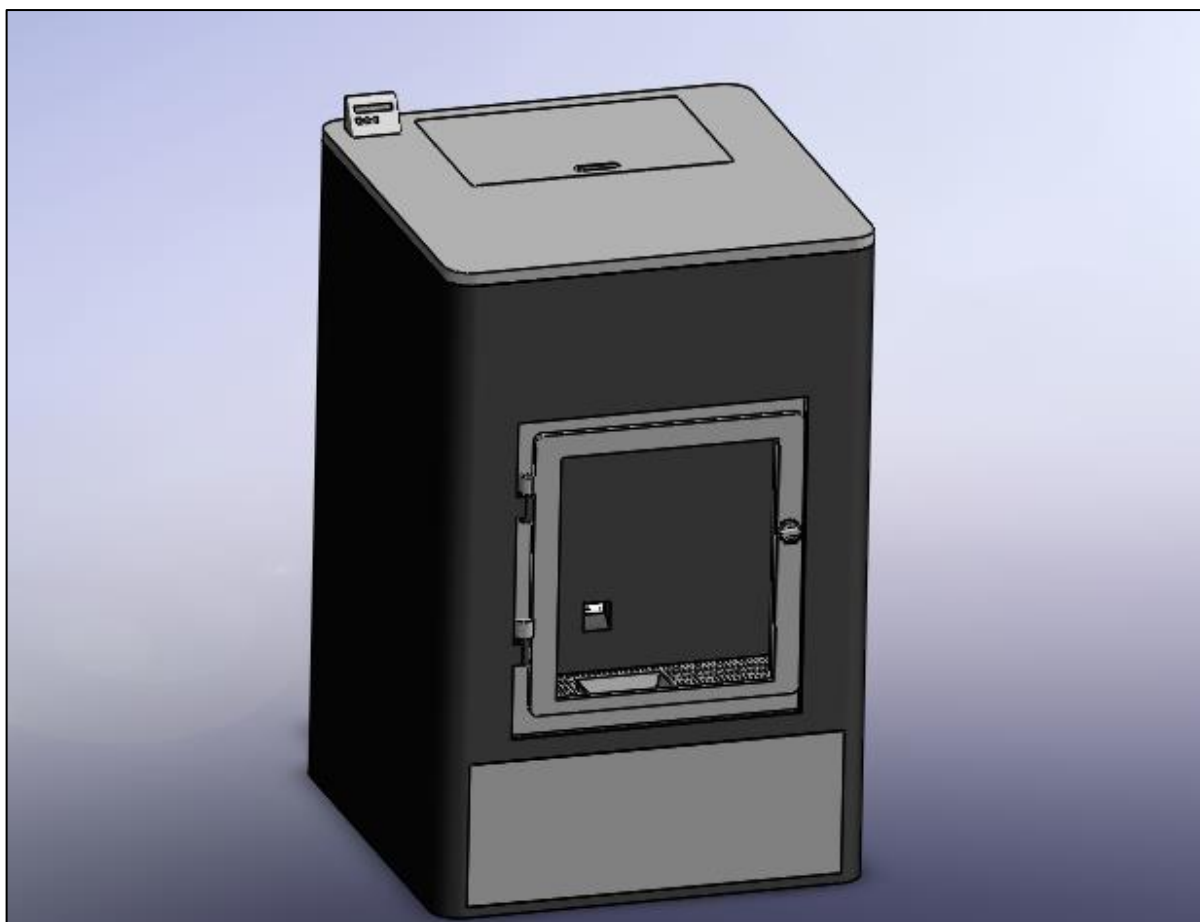


Ilustración 11.1

12. Ampliación del Diseño

Una vez terminado todo lo fundamental, se ha decidido añadir un complemento opcional a la caldera. El calor que tienen los gases de escape todavía puede ser aprovechado para otras utilidades que no sean calefacción. De este modo, he pensado en crear dentro del componente del extractor de humos, un mini-horno. Siendo este calentado por los gases de escape pero estos no llegan a mezclarse con la comida.

La idea principal de esta ampliación, es dar mayor versatilidad a la caldera, que sea aprovechada aún más, y viendo el catálogo comercial existente, no he visto que lo traiga ninguna.

Se ha modelado una caja con medidas suficientes para meter comidas pequeñas. Y una puerta con un diseño sencillo para no modificar el exterior de la caldera.

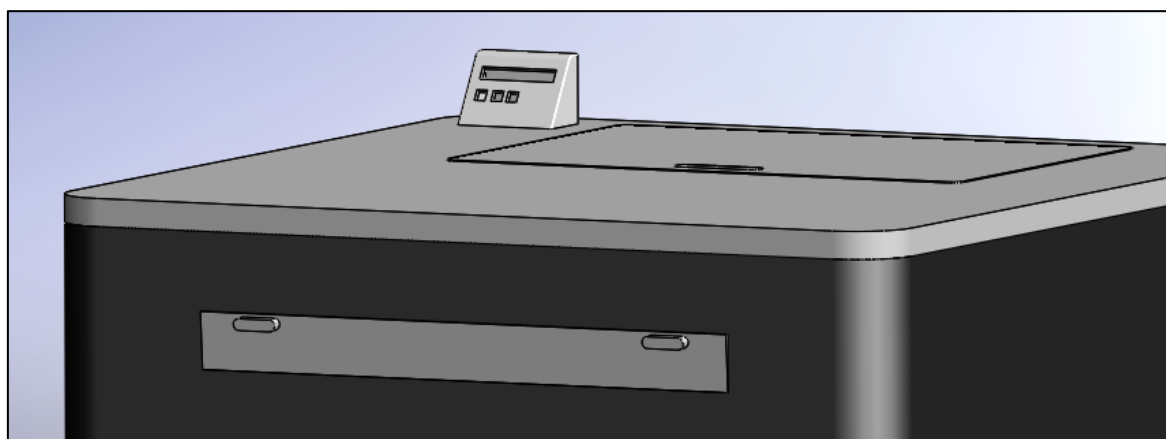


Ilustración 12.1

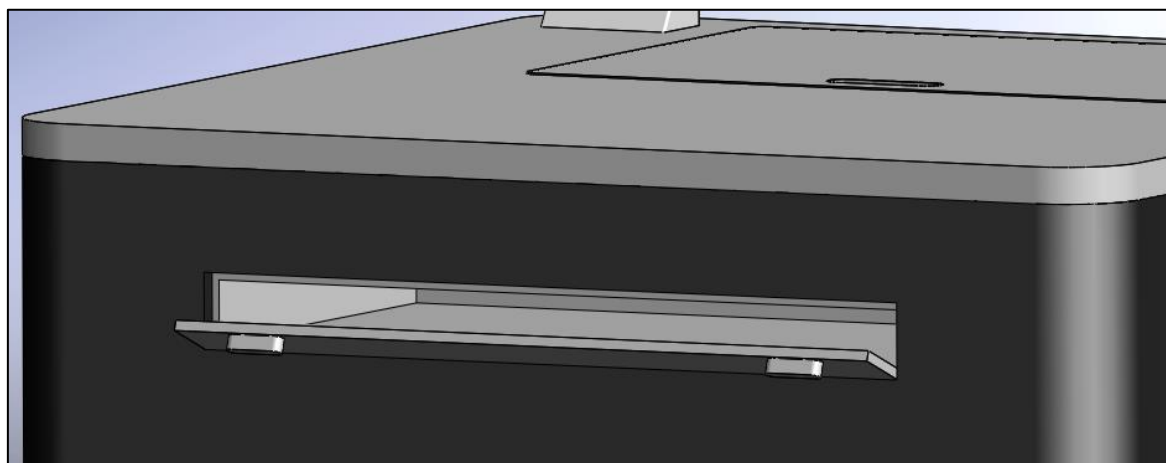


Ilustración 12.2

Bibliografía

[1] Guía Técnica. Instalaciones de biomasa térmica en los edificios. Instituto de la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

[2] Tablas Ingeniería Térmica. Área de Máquinas y Motores Térmicos. Universidad de Jaén.

[3] Reglamento (UE) 2015/1185 <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa/emisiones>

[4] Ayuda de Solidworks. help.solidworks.com

[5] Sergio Gomez Gonzalez (2007). *El gran libro de Solidworks*.

Informe Clima_V_2

Proyecto: Cargas Térmicas_TFG



Localidad: Jaén

Autor: Daniel Sánchez Oya

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para el modelado del edificio.

DATOS DEL PROYECTO

Nombre del edificio	Edificio TFG
Referencia	
Fecha	15/07/2019
Empresa	
Autor	Daniel Sánchez
Localidad	Jaén
Dirección	
Normativa construcción	CTE(Despues de 2013)

CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA CARGAS TÉRMICAS

Ciudad	Jaen - Cerro de los Lirios (5270B)_USUARIO
Altitud[m]	573.00
Latitud[°]	37.78
Temperatura terreno[°C]	5.00
Temperatura exterior máxima[°C]	42.00
Humedad relativa coincidente	32.43
Temperatura exterior mínima[°C]	-2.00
Humedad relativa coincidente calefacción	74.60
Oscilación media anual[°C]	44.00
Oscilación media diaria[°C]	16.00
Oscilación media diaria invierno[°C]	0.50

CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Fichero de datos climatológicos para cálculo de demanda	bin\jaen.bin
---	--------------

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Superficie acondicionada [m ²]	91
Volumen aire acondicionado [m ³]	200
Superficie no acondicionada [m ²]	0

Zonas de ventilación

Nombre	Locales	Tipo de ventilación	Temp Verano [°C]	Temp Invierno [°C]	Tipo de recuperador	Rendimiento	Rend. humect.
Zona_ventilacion	Local 1	Directa local	-	-	Sin recuperador	-	-

Zonas de demanda

Nombre	Locales
Zona_demanda	Local 1

Locales

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]	Actividad	Numero de personas
Local 1	Acondicionado	91.00	200.20	Copia de Residencial__Local 1	4

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Tipo	Local	Superficie [m ²]	Orientación	Composición	Transmitancia [W/ m ² K]	Peso[Kg/m ²]
Muro_Exterior	Local 1	21.72	Sur	MEI Ref. Z_C	0.74	186.29
Muro_Exterior	Local 1	21.28	Norte	MEI Ref. Z_C	0.74	186.29
Muro_Exterior	Local 1	15.28	Este	MEI Ref. Z_C	0.74	186.29
Muro_Exterior	Local 1	15.28	Oeste	MEI Ref. Z_C	0.74	186.29
Suelo_Terreno	Local 1	98.80	-	FIT Ref. Z_C	0.50	560.57
Techo_Exterior	Local 1	98.80	Horizontal	Cubierta_ejemplo	0.88	71.70

Huecos y lucernarios

Tipo	Local	Superficie [m ²]	Orientación	Composición	Transmitancia [W/ m ² K]	Factor Solar
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Sur	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	4.00	Sur	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Sur	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Norte	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Norte	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Norte	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Este	HuecoRef	2.50	0.45
Ventana_Exterior	Local 1	1.44	Oeste	HuecoRef	2.50	0.45
Puerta_Exterior	Local 1	3.00	Norte	HuecoRef	2.50	0.45

ACTIVIDADES, DISTRIBUCIONES Y COMPOSICIONES

Actividades

Nombre	m ² /pers	Numero personas	Distribución personas	Actividad	Pot. sen. [W/pers]	Pot. lat. [W/pers]
Copia de Residencial__Local 1	25.00	4	Residencial_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00

Nombre	Pot. luces [W/m ²]	Tipo luces	Distribución luces	Pot. sensible equipos [W/m ²]	Pot. latente equipos [W/m ²]	Distribución equipos
Copia de Residencial__Local 1	7.00	Led	Residencial_luces	8.00	0.00	Residencial_equipos

Nombre	Ventilación [m ³ /h.persona]	Distribución ventilación
Copia de Residencial__Local 1	18.00	Residencial_personas

Distribuciones

Nombre	Valores horarios
Residencial_personas	Hora 0: 100.000 Hora 1: 100.000 Hora 2: 100.000 Hora 3: 100.000 Hora 4: 100.000 Hora 5: 100.000 Hora 6: 100.000 Hora 7: 100.000 Hora 8: 100.000 Hora 9: 100.000 Hora 10: 100.000 Hora 11: 100.000 Hora 12: 100.000 Hora 13: 100.000 Hora 14: 100.000 Hora 15: 100.000 Hora 16: 100.000 Hora 17: 100.000 Hora 18: 100.000 Hora 19: 100.000 Hora 20: 100.000 Hora 21: 100.000 Hora 22: 100.000 Hora 23: 100.000
Residencial_luces	Hora 0: 0.000 Hora 1: 0.000 Hora 2: 0.000 Hora 3: 0.000 Hora 4: 0.000 Hora 5: 0.000 Hora 6: 0.000 Hora 7: 50.000 Hora 8: 100.000 Hora 9: 100.000 Hora 10: 10.000 Hora 11: 10.000 Hora 12: 10.000 Hora 13: 10.000 Hora 14: 10.000 Hora 15: 10.000 Hora 16: 10.000 Hora 17: 10.000 Hora 18: 10.000 Hora 19: 50.000 Hora 20: 100.000 Hora 21: 100.000 Hora 22: 100.000 Hora 23: 50.000
Residencial_equipos	Hora 0: 0.000 Hora 1: 0.000 Hora 2: 0.000 Hora 3: 0.000

	Hora 4: 0.000 Hora 5: 0.000 Hora 6: 0.000 Hora 7: 50.000 Hora 8: 100.000 Hora 9: 100.000 Hora 10: 100.000 Hora 11: 100.000 Hora 12: 100.000 Hora 13: 100.000 Hora 14: 100.000 Hora 15: 100.000 Hora 16: 100.000 Hora 17: 100.000 Hora 18: 100.000 Hora 19: 100.000 Hora 20: 100.000 Hora 21: 100.000 Hora 22: 100.000 Hora 23: 100.000
--	---

Composiciones cerramientos

Nombre	Capas	Transmitancia [W/m ² K]	Peso [kg/m ²]	He [W/m ² K]	Hi [W/m ² K]
MEI Ref. Z_C	ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Ladrillo perforado (11.5cm) ref Aislante (3.3cm) ref Ladrillo hueco (4.0cm) ref Enlucido de yeso (1.5cm)	0.74	186.290	25.00	7.69
FIT Ref. Z_C	ref Plaqueta o baldosa ceramica (1.5cm) ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Aislante (6.9cm) ref Solera de hormigon armado (20.0cm)	0.50	560.570	9999.00	5.88
Cubierta_ejemplo	Arena y grava [1700 < d < 2200] (2.0cm) Arena y grava [1700 < d < 2200] (2.0cm) Asfalto (0.2cm) MW Lana mineral [0.04 W/[mK]] (4.0cm) Acero Inoxidable (0.1cm)	0.88	71.700	25.00	10.00

Composiciones huecos

Nombre	Transmitancia [W/m ² K]	Factor solar	Vidrio	Marco	Fracción marco
HuecoRef	2.50	0.450	VidrioDoble	marco	10.00

CÁLCULOS DE CARGAS TÉRMICAS

CALCULOS DETALLADOS POR ELEMENTO

Elemento: Proyecto

Tipo de cálculo: Calefacción. Fecha de máxima carga: Febrero. Hora: 6.

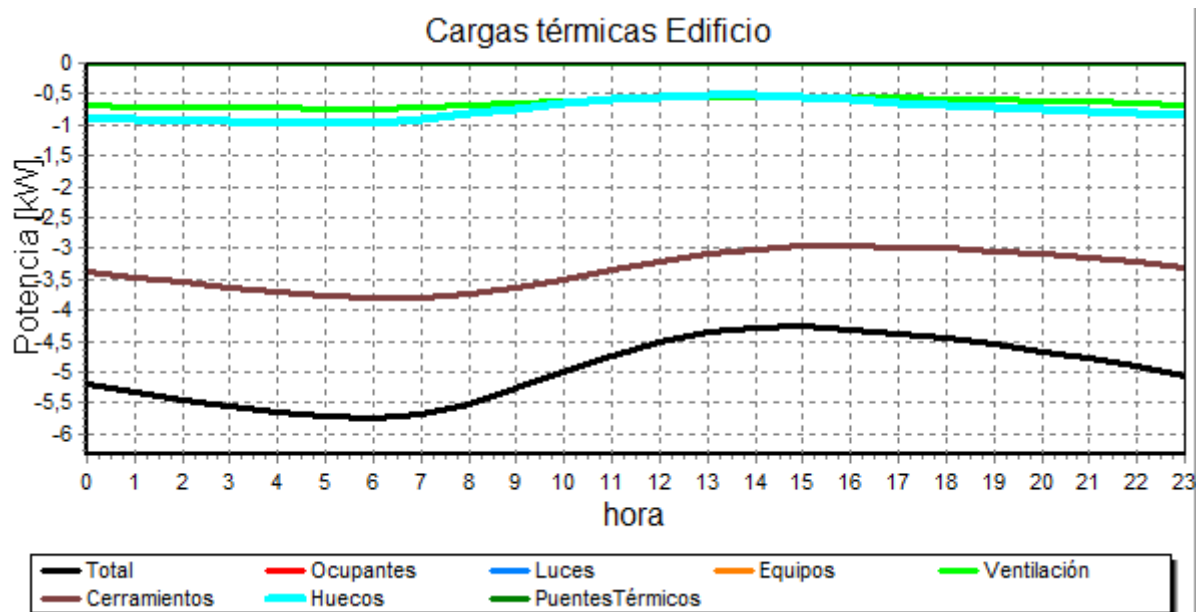
Datos del proyecto

Supecficie [m ²]	Volumen [m ³]	Zonas demanda	Plantas
91.00	200.20	1	1
Num. personas	Pot. luces [kW] ; [W/m ²]	Pot. sensible equipos [kW] ; [W/m ²]	Pot. latente equipos [kW] ; [W/m ²]
0	0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00
Temp. exterior [°C]	Hum. relativa ext[%]	Caudal ventilación [m ³ /h]	Zonas ventilación
-1.94	74.25	65.52	1

Resultados

	Total	Sensible
Total Cargas [kW]	-5.75	-5.52
Ratio [W/m ²]	-63.23	-60.65
Ocupantes[kW]	0.00	0.00
Luces[kW]	0.00	0.00
Equipos[kW]	0.00	0.00
Ventilación[kW]	-0.73	-0.51
Cerramientos[kW]	-3.79	-3.79
Huecos[kW]	-0.96	-0.96
Puentes térmicos[kW]	0.00	0.00
Mayoración[kW]	-0.27	-0.26

Gráfico de cargas del elemento

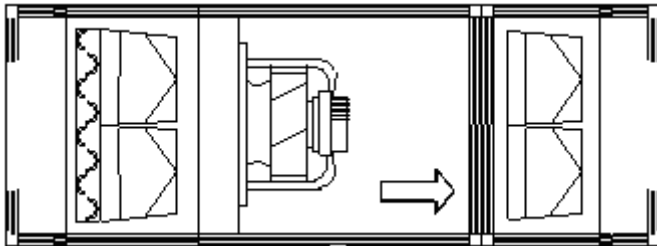


Elemento: Zona_ventilacion

Tipo de cálculo: Calefacción. Fecha de máxima carga: Febrero. Hora: 6.

Datos de la zona ventilación

Tipo de ventilación	Supeficie [m ²]	Volumen [m ³]
Directa local	91.00	200.20
Temp. exterior [°C]	Hum. relativa ext[%]	Temp. impulsión [°C]
-1.94	74.25	-
Tipo recuperador	Rendimiento	Rendimiento Humectador
Sin recuperador	-	-



Resultados

	Total	Sensible
Potencia del climatizador[kW]	0.00	0.00
Caudal impulsión [m ³ /h]	-	
Caudal ventilación [m ³ /h]	65.52	

Elemento: Zona_demanda

Tipo de cálculo: Calefacción. Fecha de máxima carga: Febrero. Hora: 6.

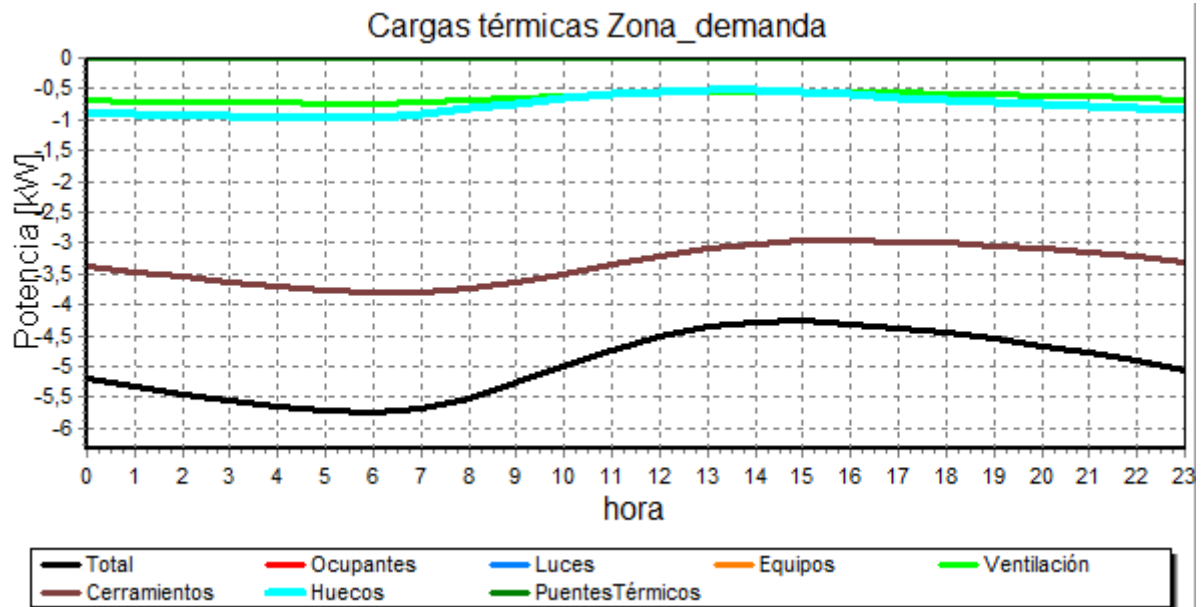
Datos de la zona

Superficie [m ²]	Volumen [m ³]	Num. personas
91.00	200.20	0
Pot. luces [kW] ; [W/m ²]	Pot. sensible equipos [kW] ; [W/m ²]	Pot. latente equipos [kW] ; [W/m ²]
0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00
Temp. exterior [°C]	Hum. relativa ext[%]	Caudal ventilación [m ³ /h]
-1.94	74.25	65.52

Resultados

	Total	Sensible
Total Cargas [kW]	-5.75	-5.52
Ratio [W/m ²]	-63.23	-60.65
Ocupantes[kW]	0.00	0.00
Luces[kW]	0.00	0.00
Equipos[kW]	0.00	0.00
Ventilación[kW]	-0.73	-0.51
Cerramientos[kW]	-3.79	-3.79
Huecos[kW]	-0.96	-0.96
Puentes térmicos[kW]	0.00	0.00
Mayoración[kW]	-0.27	-0.26

Gráfico de cargas del elemento



Elemento: Local 1

Tipo de cálculo: Calefacción. Fecha de máxima carga: Febrero. Hora: 6.

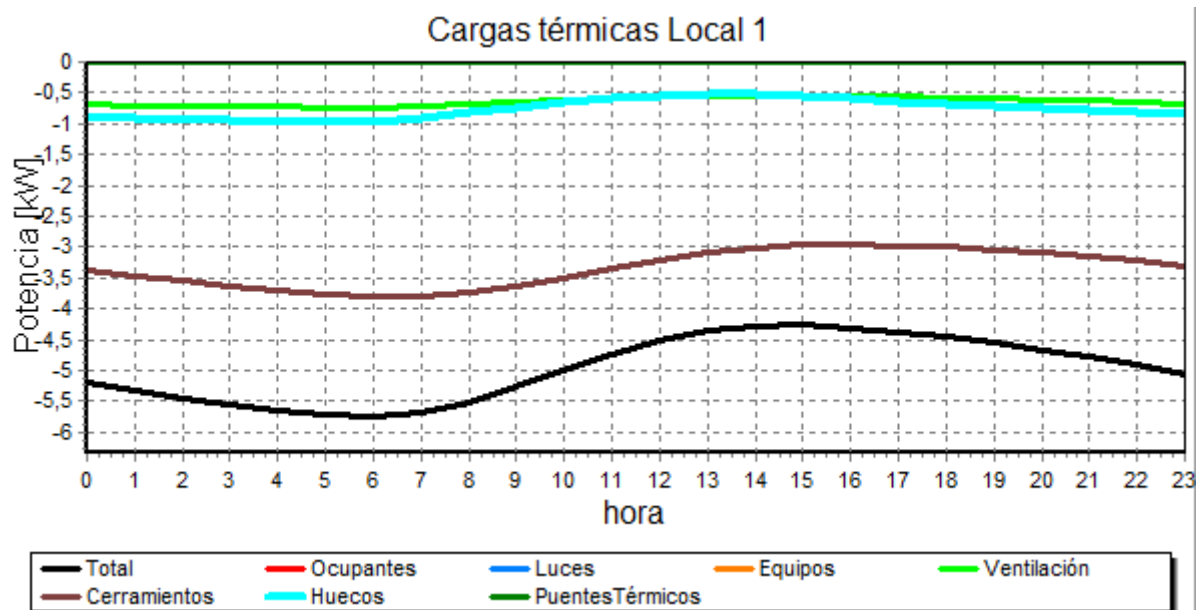
Datos del local

Superficie [m ²]	Volumen [m ³]	Planta	Zona demanda	Climatizador
91.00	200.20	Planta	Zona_ventilacion	Directa local
Num. personas	Tipo de luces	Pot. luces [kW] ; [W/m ²]	Pot. sensible equipos [kW] ; [W/m ²]	Pot. latente equipos [kW] ; [W/m ²]
0	Led	0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00	0.00 ; 0.00
Temp. exterior [°C]	Hum. relativa ext[%]	Temp. interior [°C]	Hum. relativa int[%]	Caudal ventilación [m ³ /h]
-1.94	74.25	21.00	40.00	65.52

Resultados

	Total	Sensible
Total Cargas [kW]	-5.75	-5.52
Ratio [W/m ²]	-63.23	-60.65
Ocupantes[kW]	0.00	0.00
Luces[kW]	0.00	0.00
Equipos[kW]	0.00	0.00
Ventilación[kW]	-0.73	-0.51
Cerramientos[kW]	-3.79	-3.79
Huecos[kW]	-0.96	-0.96
Puentes térmicos[kW]	0.00	0.00
Mayoración[kW]	-0.27	-0.26

Gráfico de cargas del elemento



CÁLCULOS DE DEMANDA

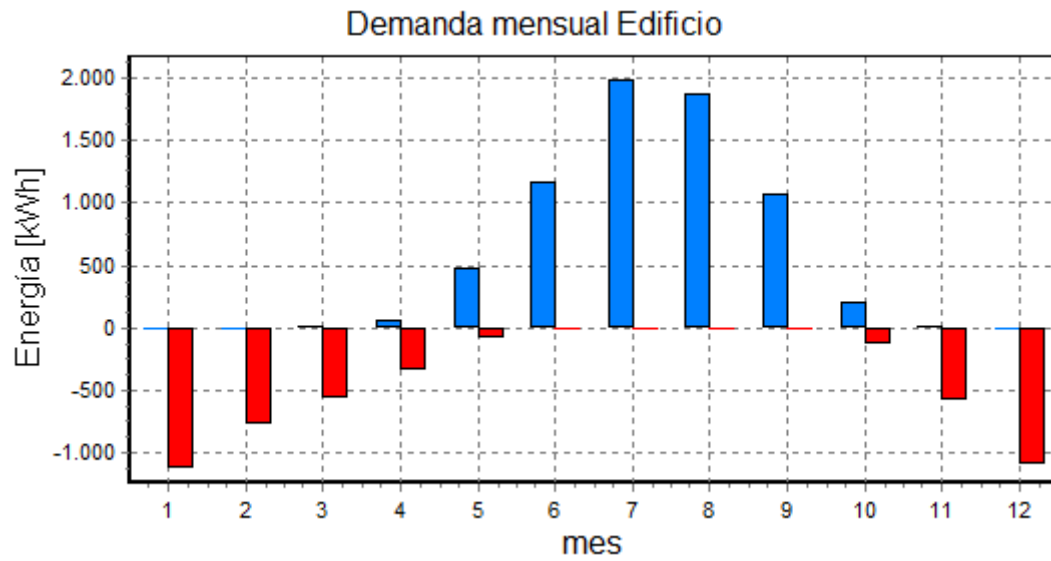
Demanda total del edificio en calefacción[kWh]: 4661.77

Ratio de demanda total del edificio en calefacción[kWh/m²]: 51

Demanda mensual del edificio en calefacción [kWh]

Elemento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Edificio	1125	768	564	333	79	0	0	0	0	129	580	1085
Zona_demanda	1125	768	564	333	79	0	0	0	0	129	580	1085
Local 1	1125	768	564	333	79	0	0	0	0	129	580	1085

Gráfico de demanda del edificio



REGLAMENTO 2015/1185: Requisitos de ecodiseño para estufas.

Fecha de entrada en vigor: 10 agosto 2015. Se trata de un Reglamento de aplicación íntegra y directa en todos los Estados miembros.

Fecha de aplicación: 01/01/2022

Alcance: estufas (abiertas, cerradas, cerradas con pellets y cocinas) de potencia térmica nominal **inferior a 50 kW** que usen **combustibles sólidos**. Están excluidos los calefactores que usen exclusivamente biomasa no procedente de madera.

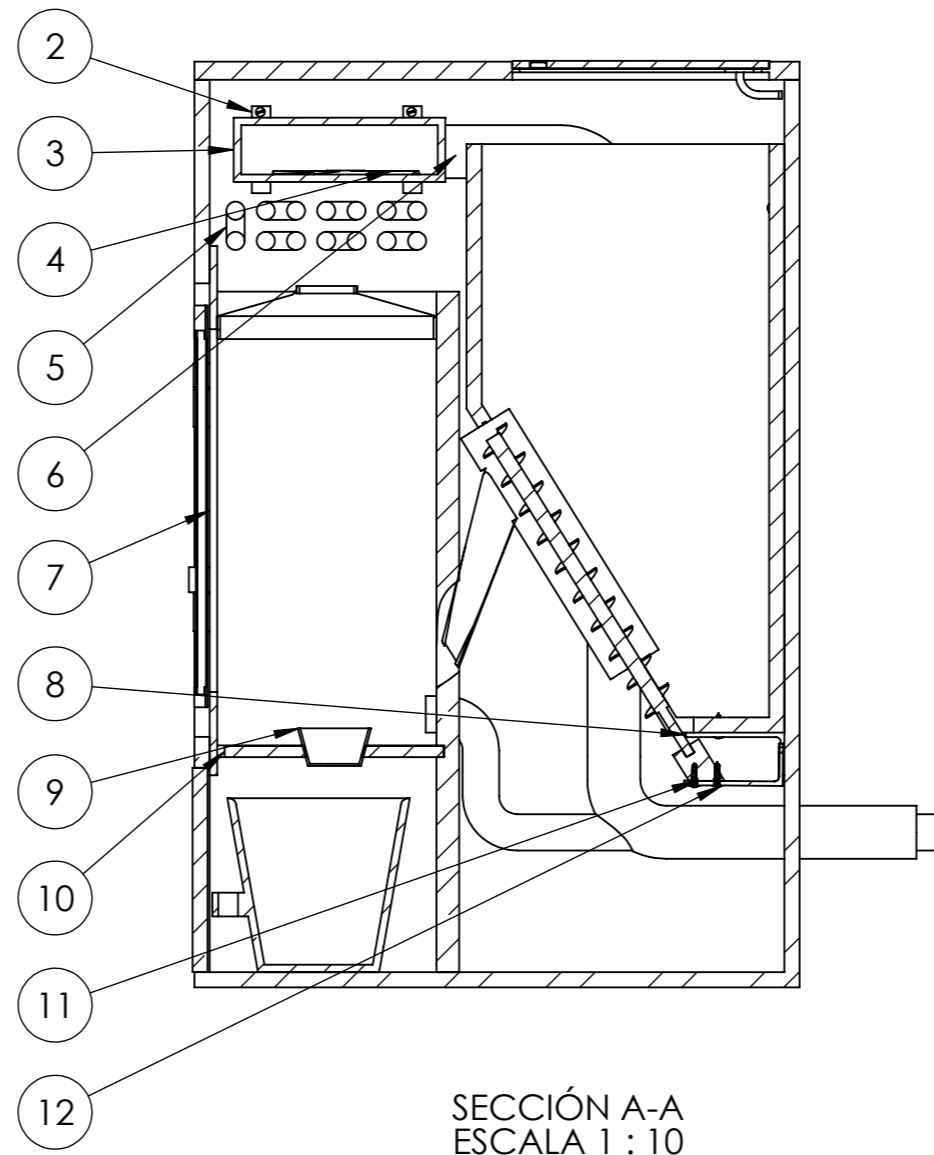
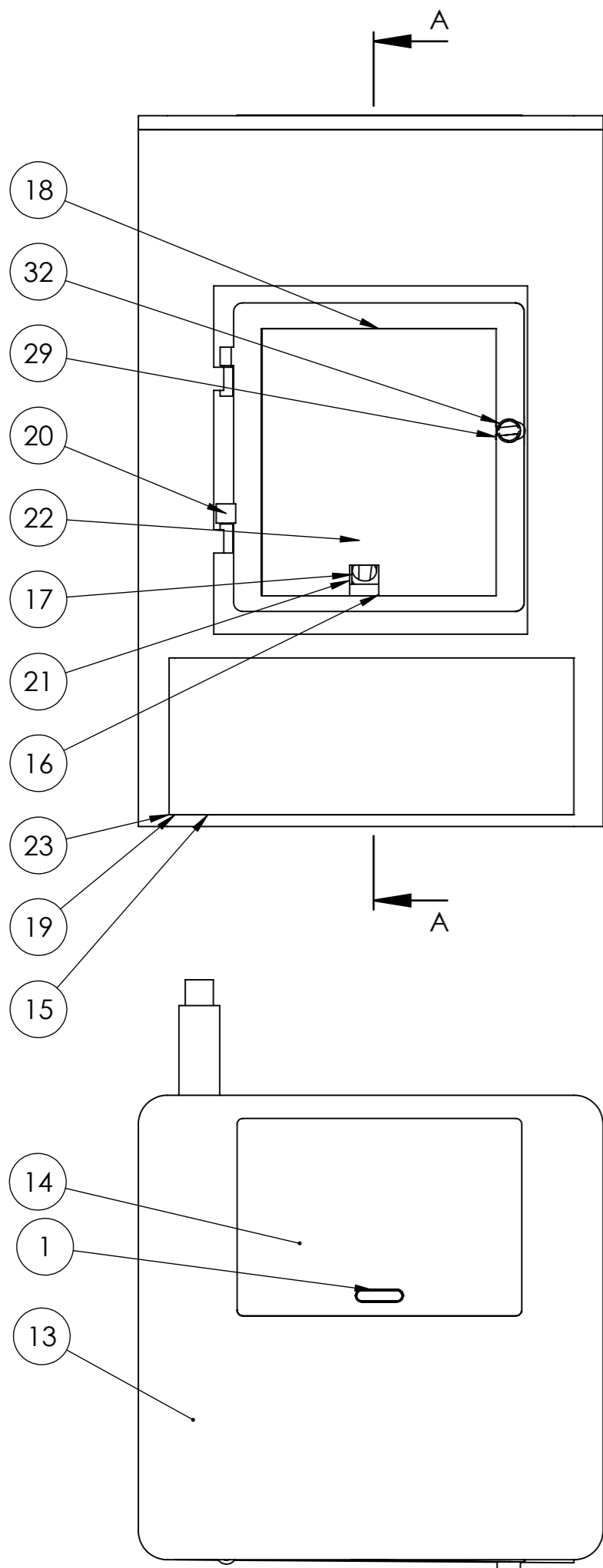
Principales requerimientos:

Equipo	Valores a cumplir ⁽¹⁾				
	Eficiencia energética estacional (%)	Partículas ⁽²⁾	OCG (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)
Abierto	≥ 30	≤ 50 mg/Nm ³ (HF) ≤ 6 g/kg (DT)	≤ 120	≤ 2000	≤ 200 para biomasa y ≤ 300 para combustibles sólidos fósiles
Cerrado (estufa)	≥ 65	≤ 40 mg/Nm ³ (HF) ≤ 5 g/kg (DT) ≤ 2.4 g/kg para biomasa y ≤ 5 g/kg fósiles (UK)	≤ 120	≤ 1500	
Cerrado con pellets	≥ 79	≤ 20 mg/Nm ³ (HF) ≤ 2.5 g/kg (DT) ≤ 1.2 g/kg (UK)	≤ 60	≤ 300	
Cocinas	≥ 65	40 mg/Nm ³ (HF) ≤ 5 g/kg (DT) ≤ 2.4 g/kg para biomasa y ≤ 5 g/kg fósiles (UK)	≤ 120	≤ 1500	

⁽¹⁾ Todos los valores de emisiones están referidos a un contenido de oxígeno del 13%. 1,4 mg/Nm³ de emisión al 13% de oxígeno equivale a 1 mg/Nm³ de emisión al 10% de oxígeno.
⁽²⁾ Para partículas se fijan valores en distintas unidades porque el Reglamento reconoce tres métodos de medición de partículas (HF, DT, UK). Solo es preciso demostrar que se cumple con uno de ellos.

La declaración de conformidad del equipo con los requisitos exigidos corresponde al fabricante (o al importador, en caso de que la caldera esté fabricada fuera de la UE), mientras que corresponde a las autoridades competentes de los Estados Miembros el procedimiento de verificación a efectos de vigilancia del mercado

Hasta el 01/01/2022, los Estados Miembros podrán permitir la puesta en el mercado de calderas que cumplan con la normativa nacional vigente.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	agarre tapa	1
2	escuadra	4
3	extractor humos	1
4	ventilador	2
5	tuberías	1
6	tubo escape	1
7	Pieza2	1
8	agarre_motor	4
9	caja de combustion	1
10	rejilla	1
11	motor electrico	1
12	tornillo_M7	14
13	tapa superior	1
14	cierre tapa	1
15	caja de ceniza	1
16	sin_fin	1
17	deposito_pellet	1
18	contraccion_gases	1
19	cuerpo	1
20	puerta	1
21	cuerpo fuego	1
22	tubo_tornillo	1
23	puerta inferior	1
24	apoyo cierre muelle	2
25	muelle	2
26	pieza movil muelle	2
27	bomba	1
28	pestillo_1	1
29	pestillo_2	1
30	tornillo_M12	4
31	engranaje pestillo	1
32	pestillo 4	1

Ensamblaje Principal. Caldera

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/10

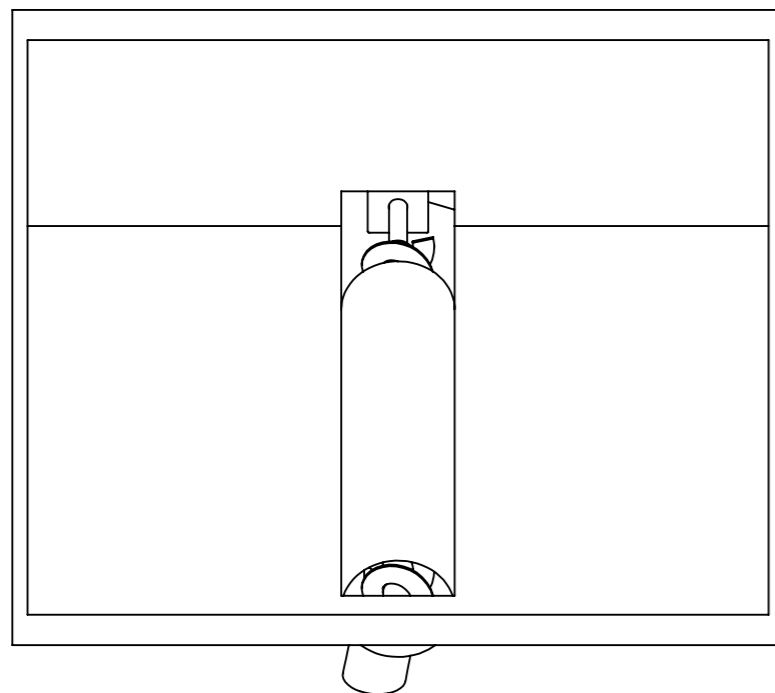
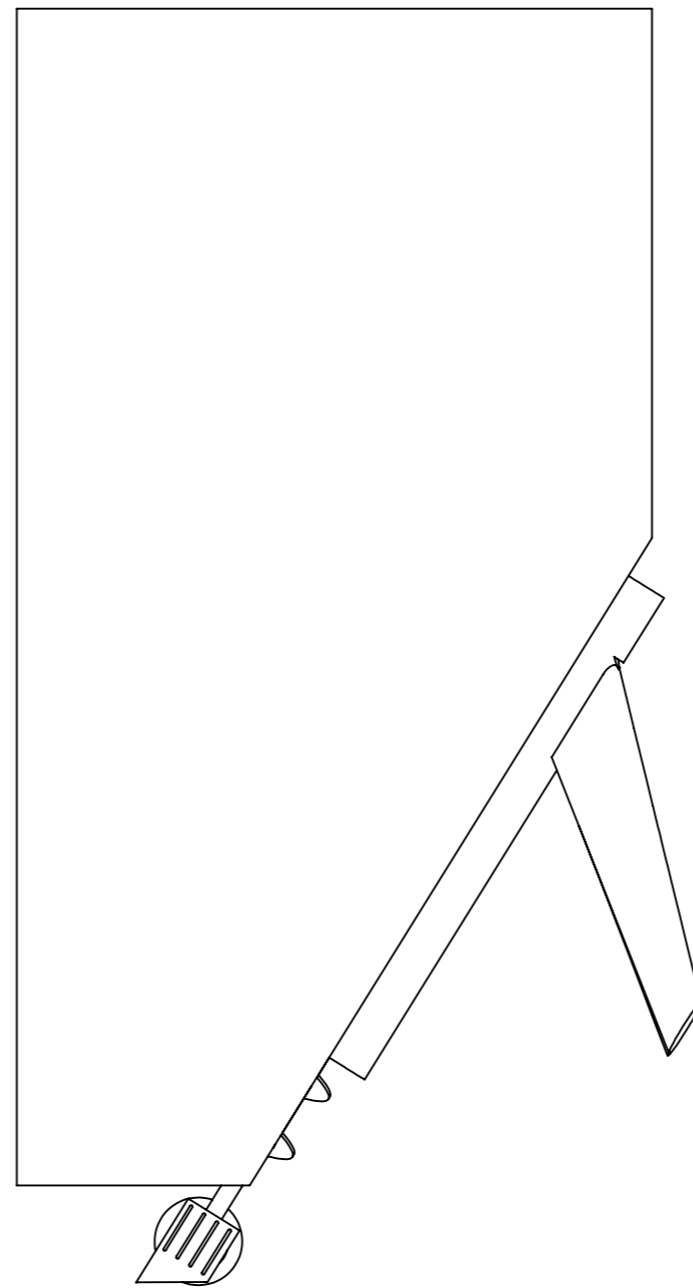
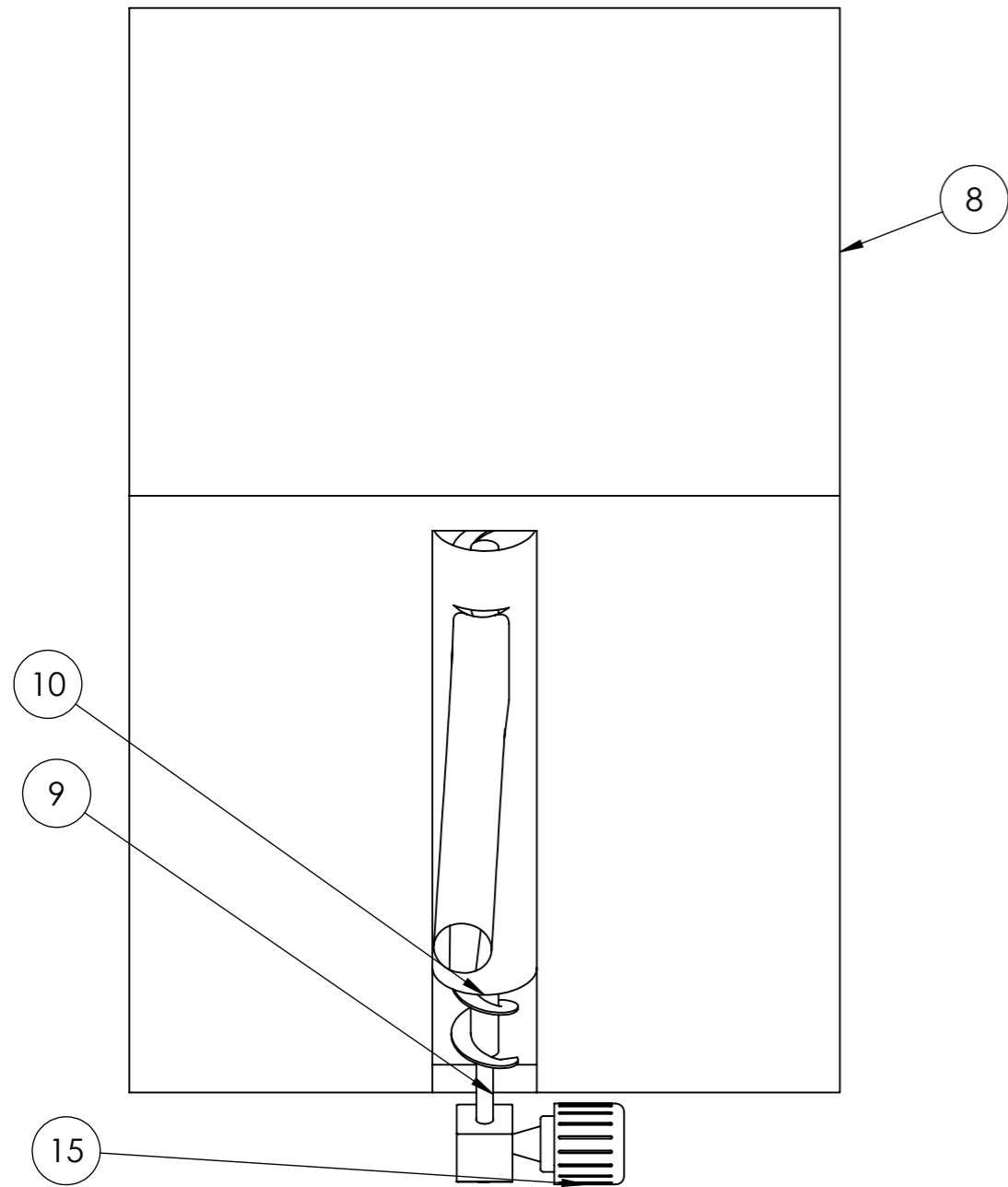


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A2

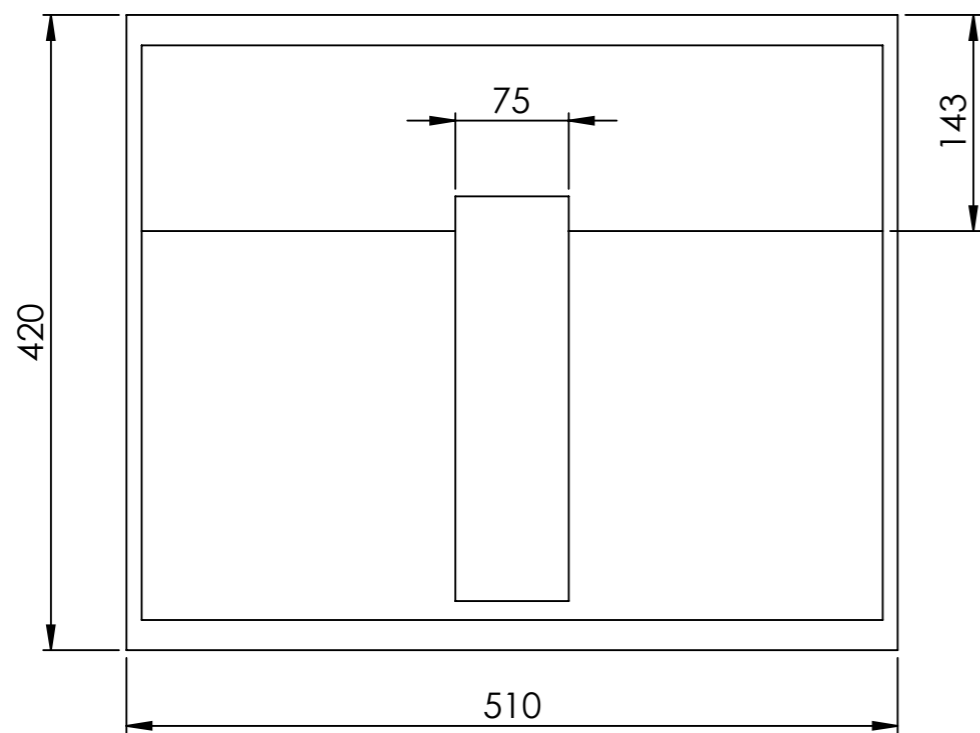
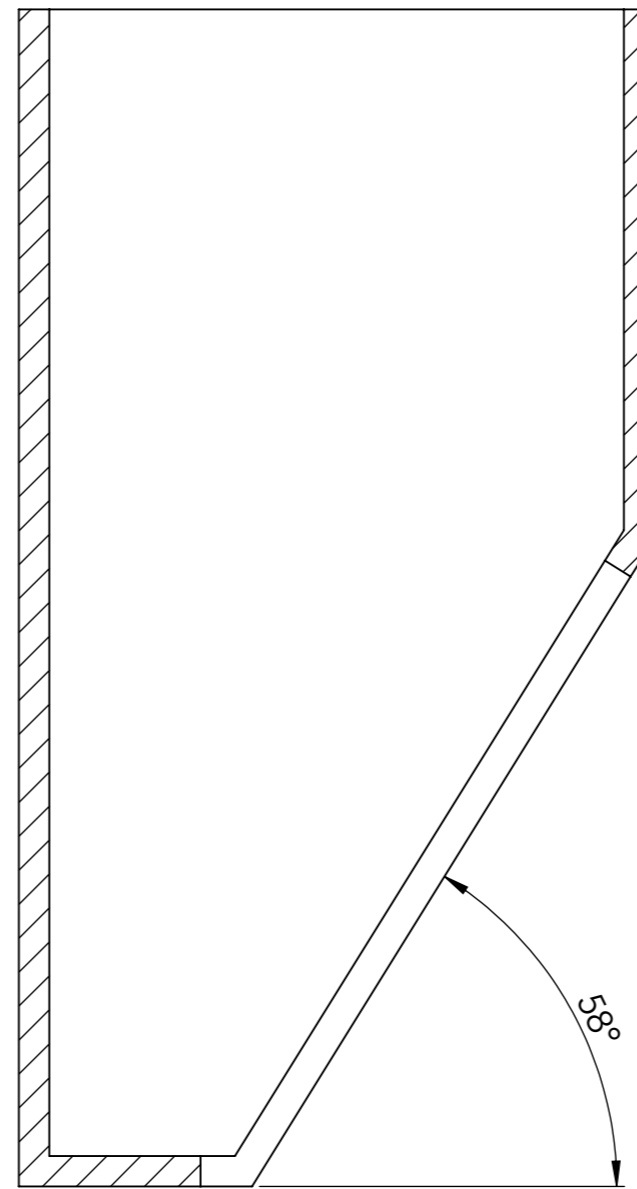
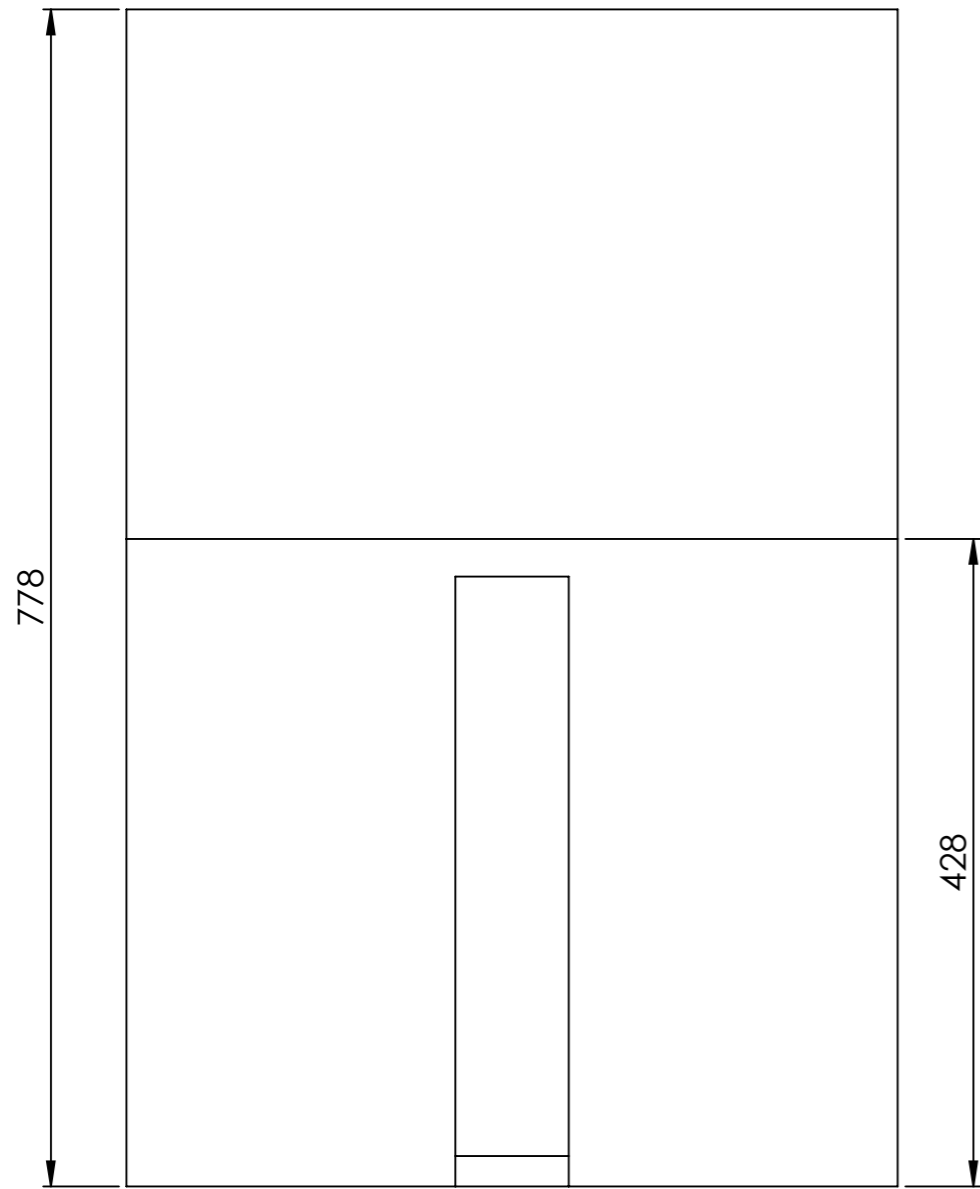
Nº Plano 1.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos

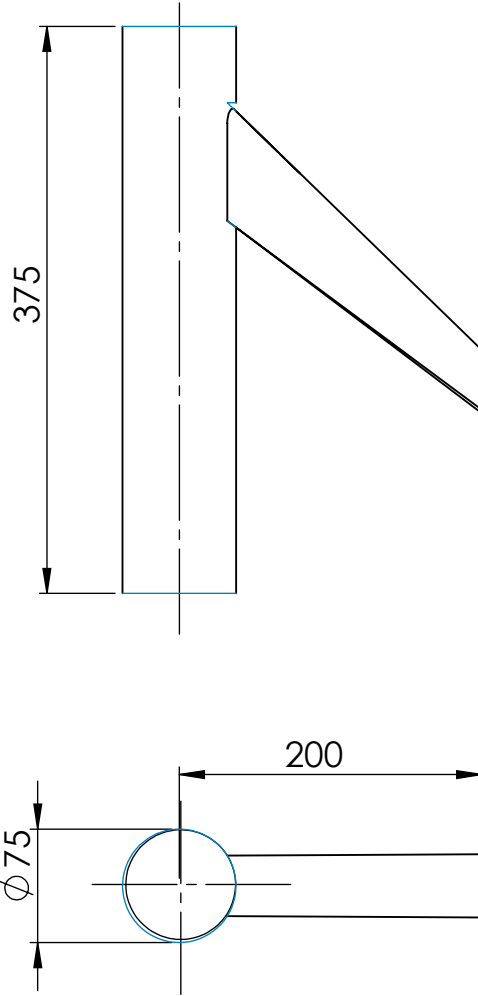
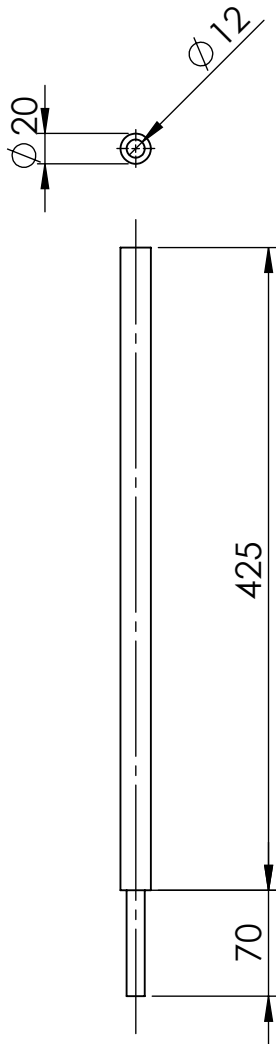


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
8	deposito_pellet	1
9	sin_fin	1
10	tubo_tornillo	1
15	motor electrico	1

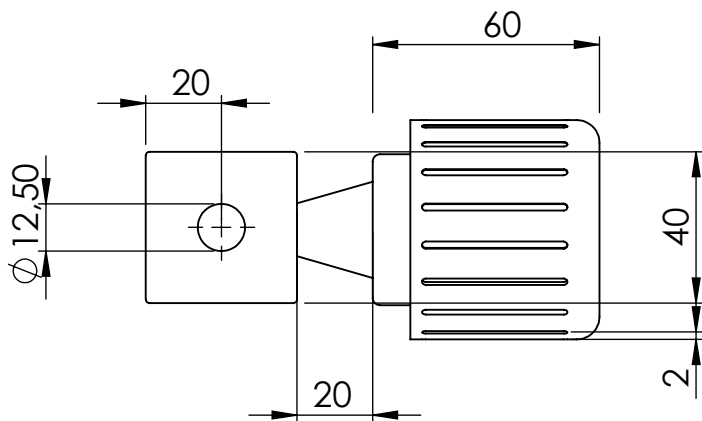
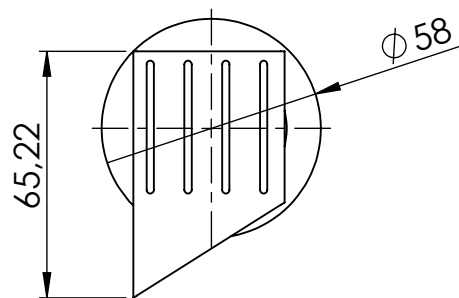
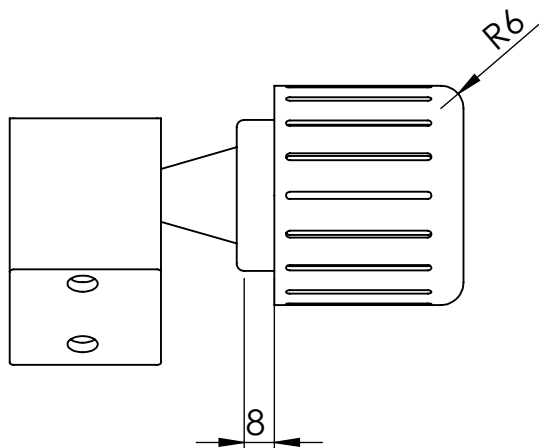
Ensamblaje Sec. Deposito		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
TAMAÑO A3	Nº Plano 2.0	



Deposito		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
TAMAÑO A3	Nº Plano 2.1	



Tornillo sin fin Tubo Tornillo		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 2.2	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



Motor Eléctrico

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/2

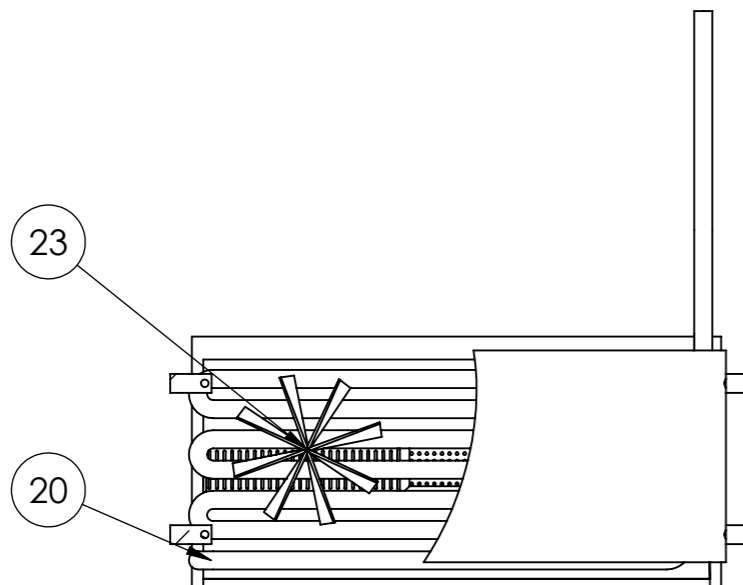
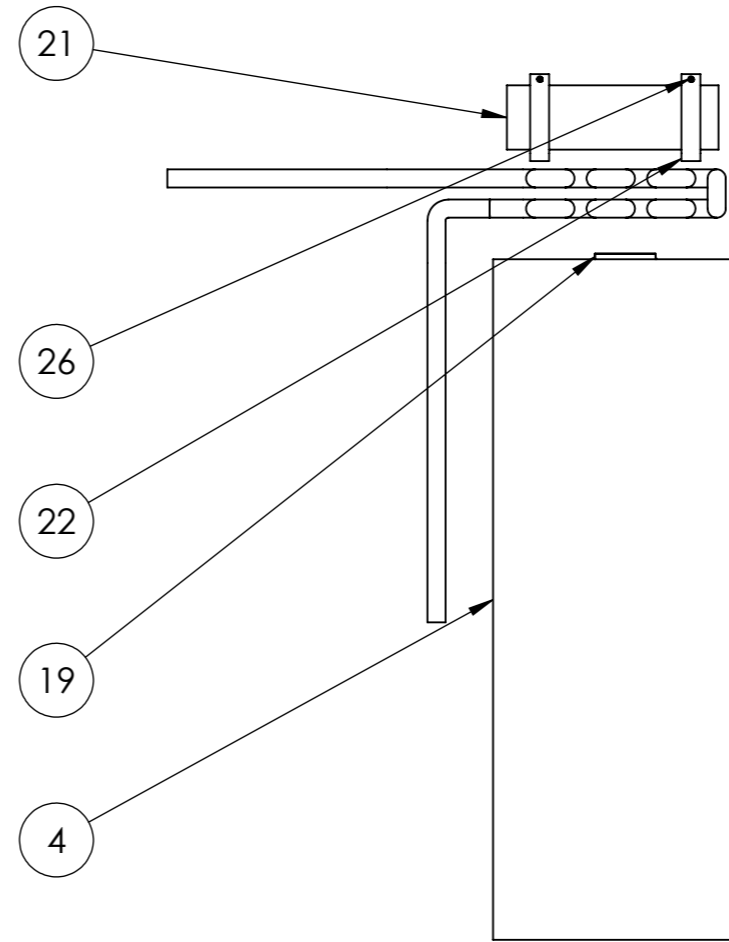
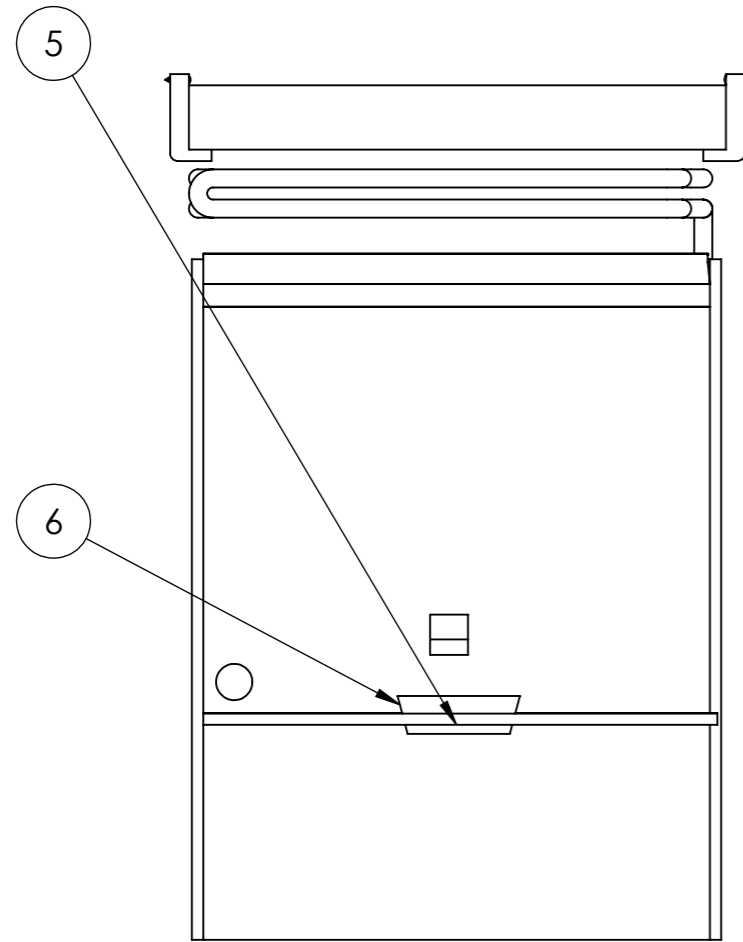


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 2.3

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
4	cuerpo fuego	1
5	rejilla	1
6	caja de combustion	1
19	contraccion_gases	1
20	tuberias	1
21	extractor humos	1
22	escuadra	4
23	ventilador	2
26	tornillo_M7	14

Ensamblaje Sec. Intercambiador de Calor

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/10

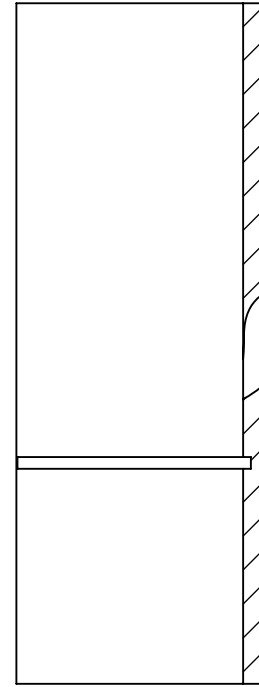
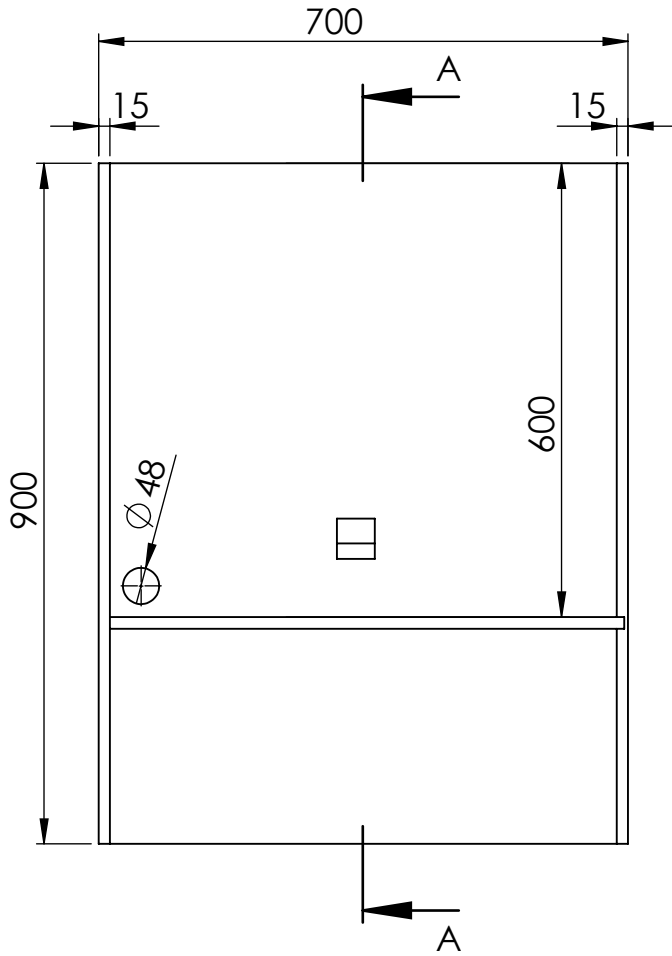


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A3

Nº Plano 3.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



SECCIÓN A-A



Cuerpo Fuego

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/10

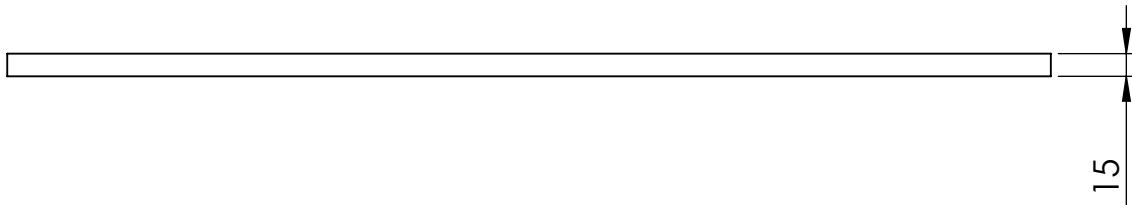
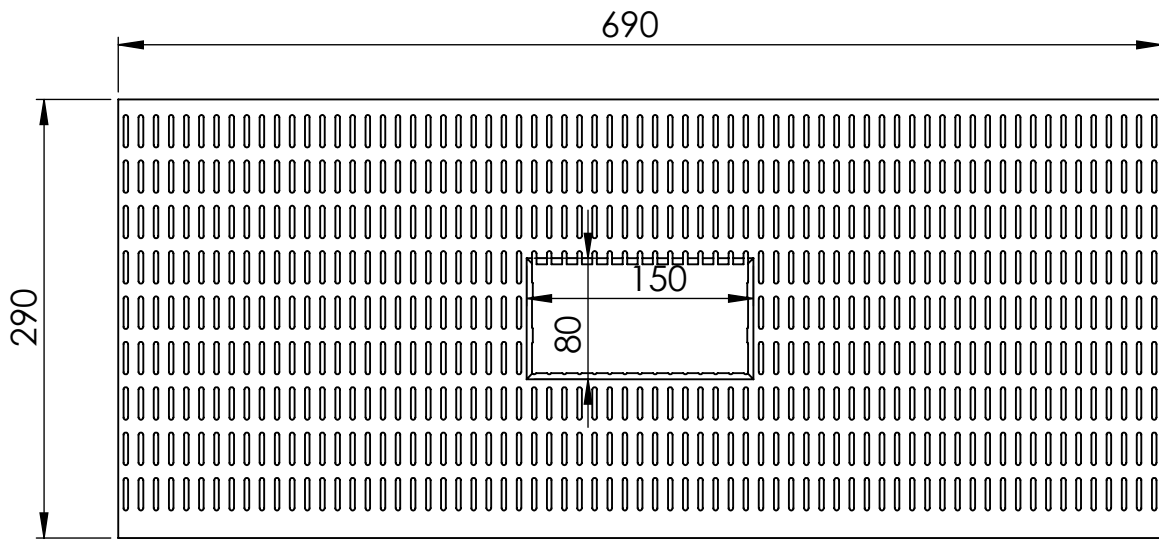


UNIVERSIDAD DE JAÉN

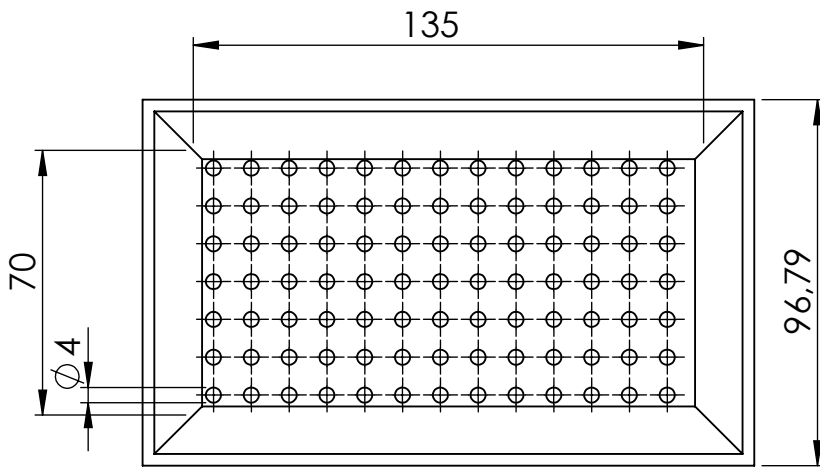
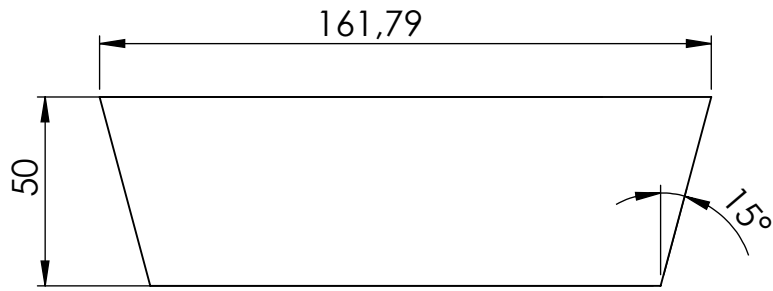
TAMAÑO A4

Nº Plano 3.1

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Rejilla		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 3.2	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



Caja de Combustión

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/2

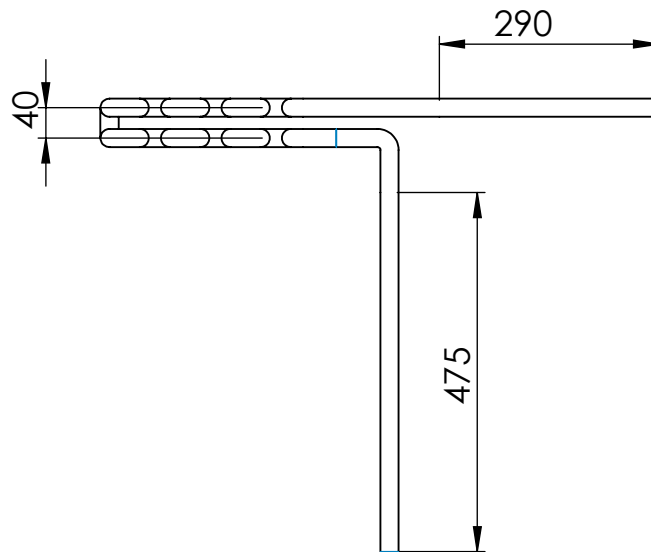
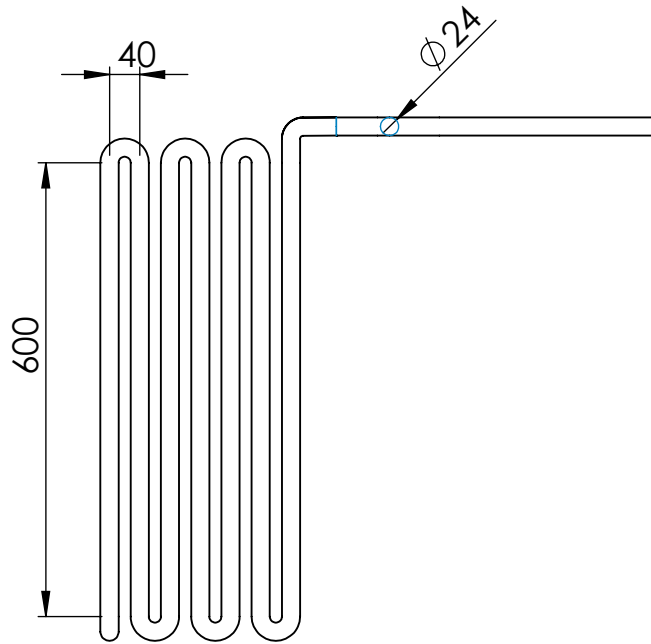


UNIVERSIDAD DE JAÉN

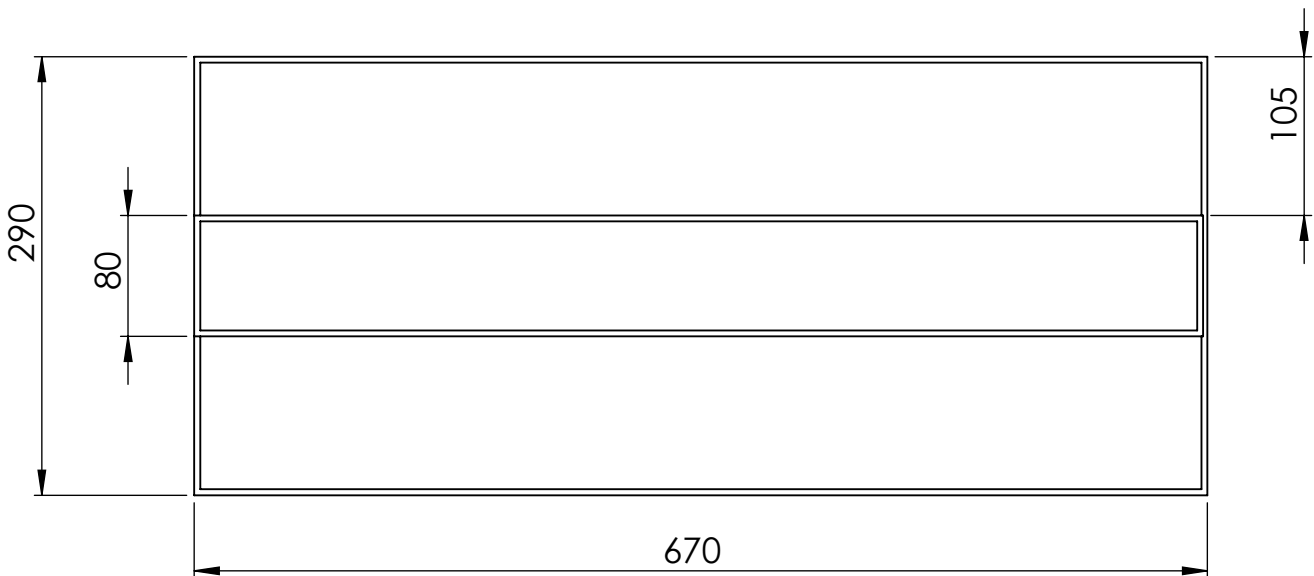
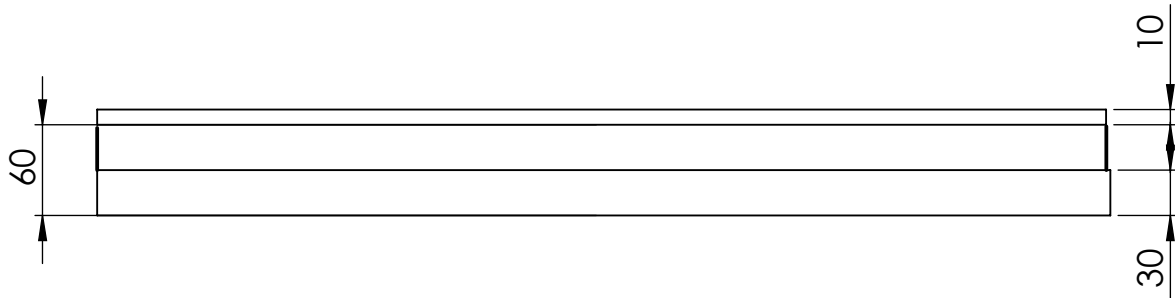
TAMAÑO A4

Nº Plano 3.3

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Tubos de agua		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala:	1/5	
TAMAÑO	A4	
	Nº Plano	3.4
		UNIVERSIDAD DE JAÉN
		Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



Contracción de Gases

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/5

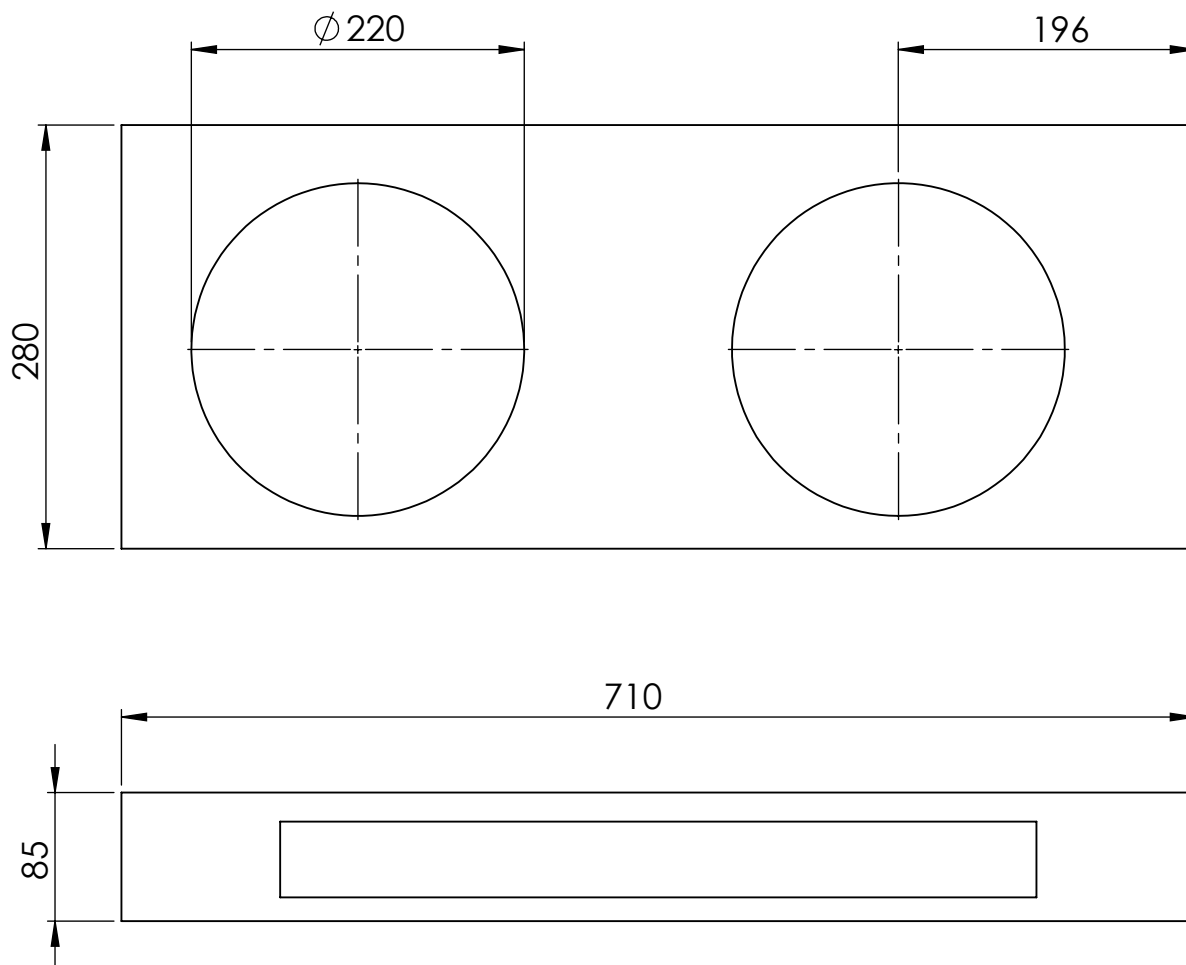


UNIVERSIDAD DE JAÉN

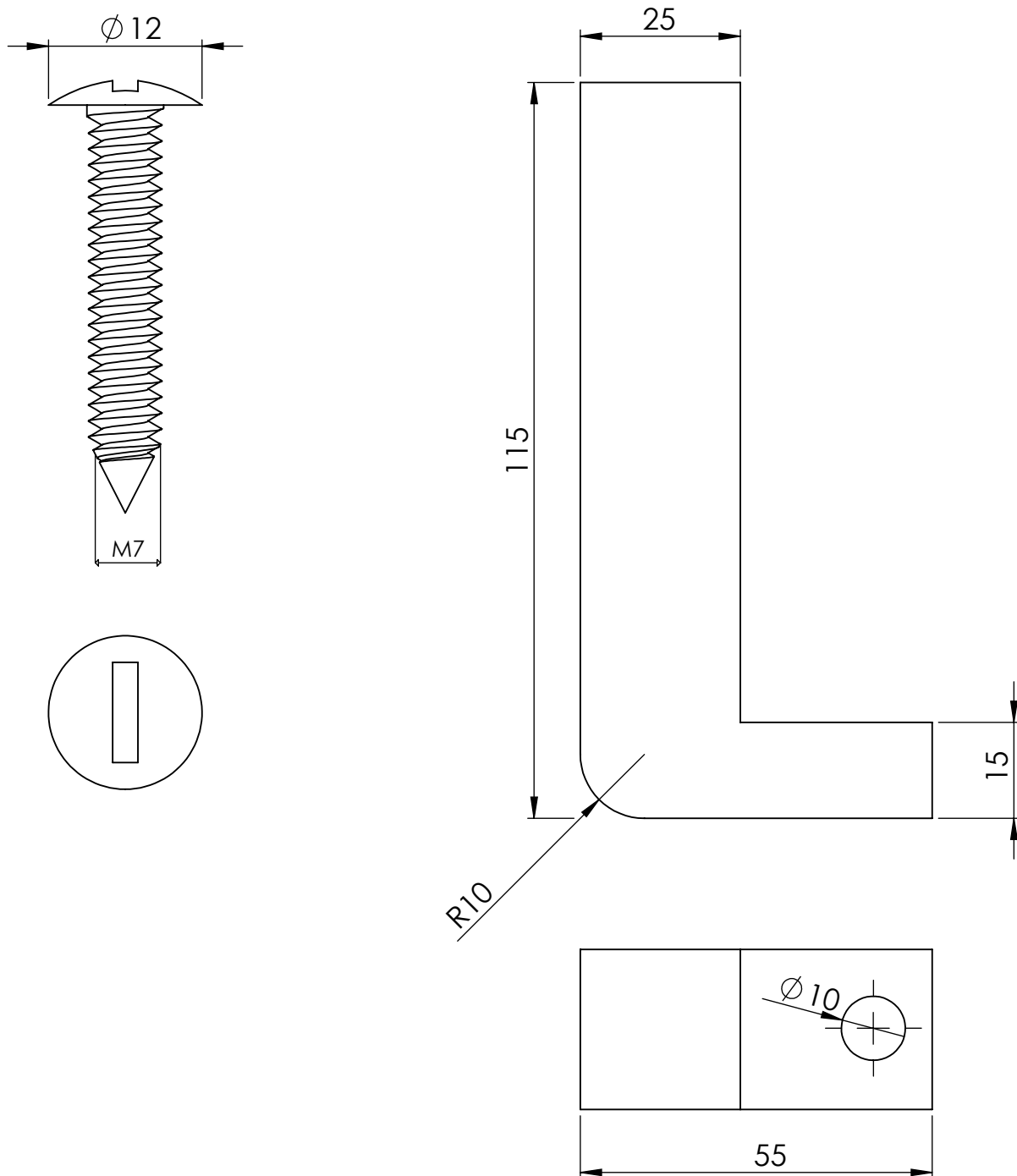
TAMAÑO A4

Nº Plano 3.5

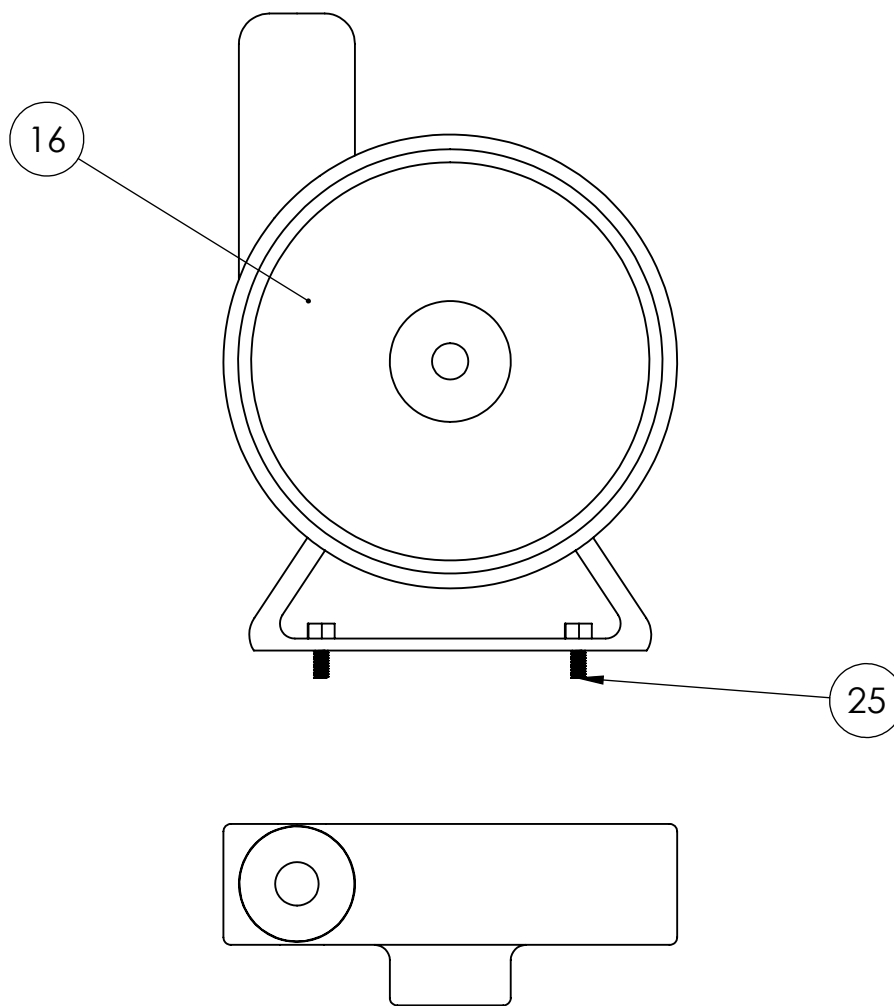
Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



<h2>Extractor de Humos</h2>		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 3.6	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

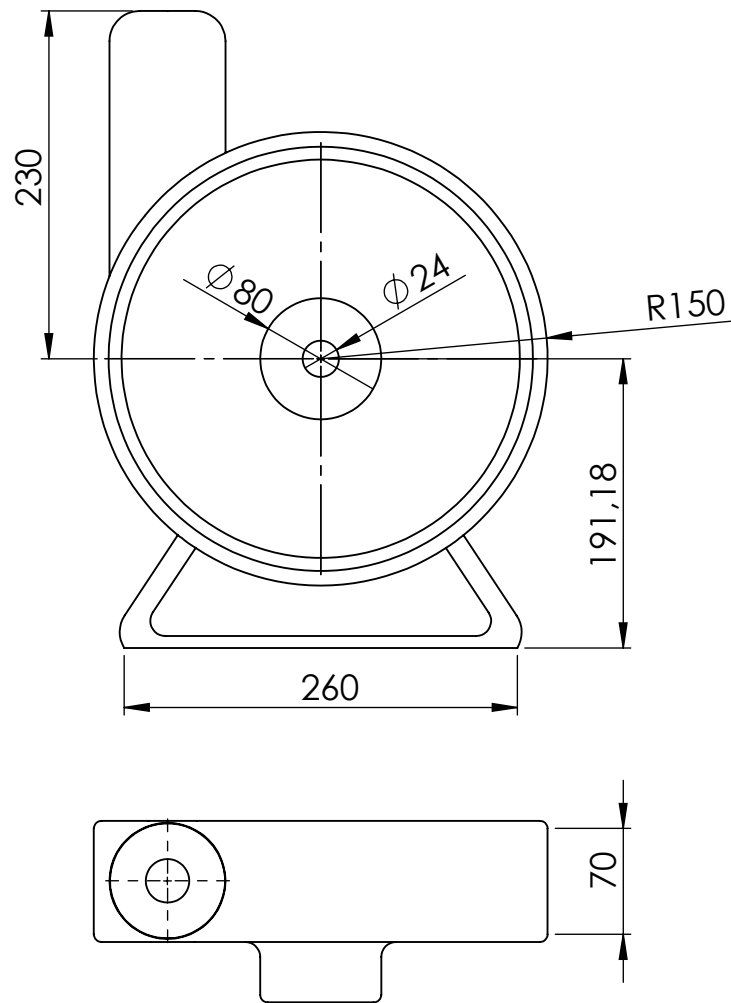



Tornillo Escuadra		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 2/1 1/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	N° Plano 3.7	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

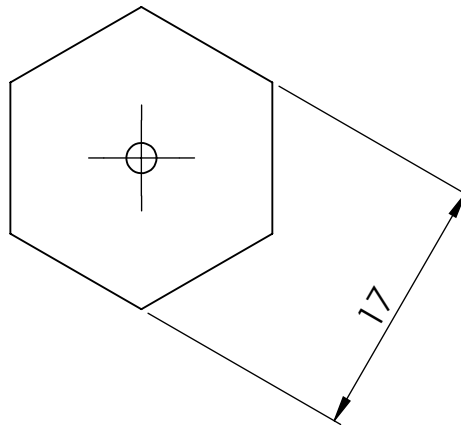
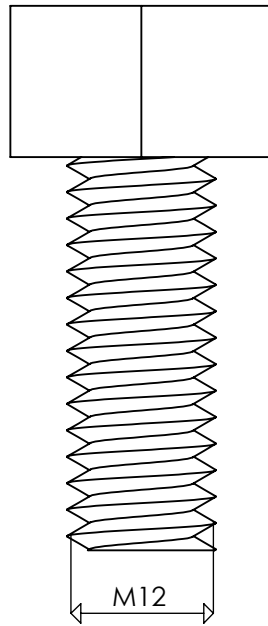


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
16	bomba	1
25	tornillo_M12	4

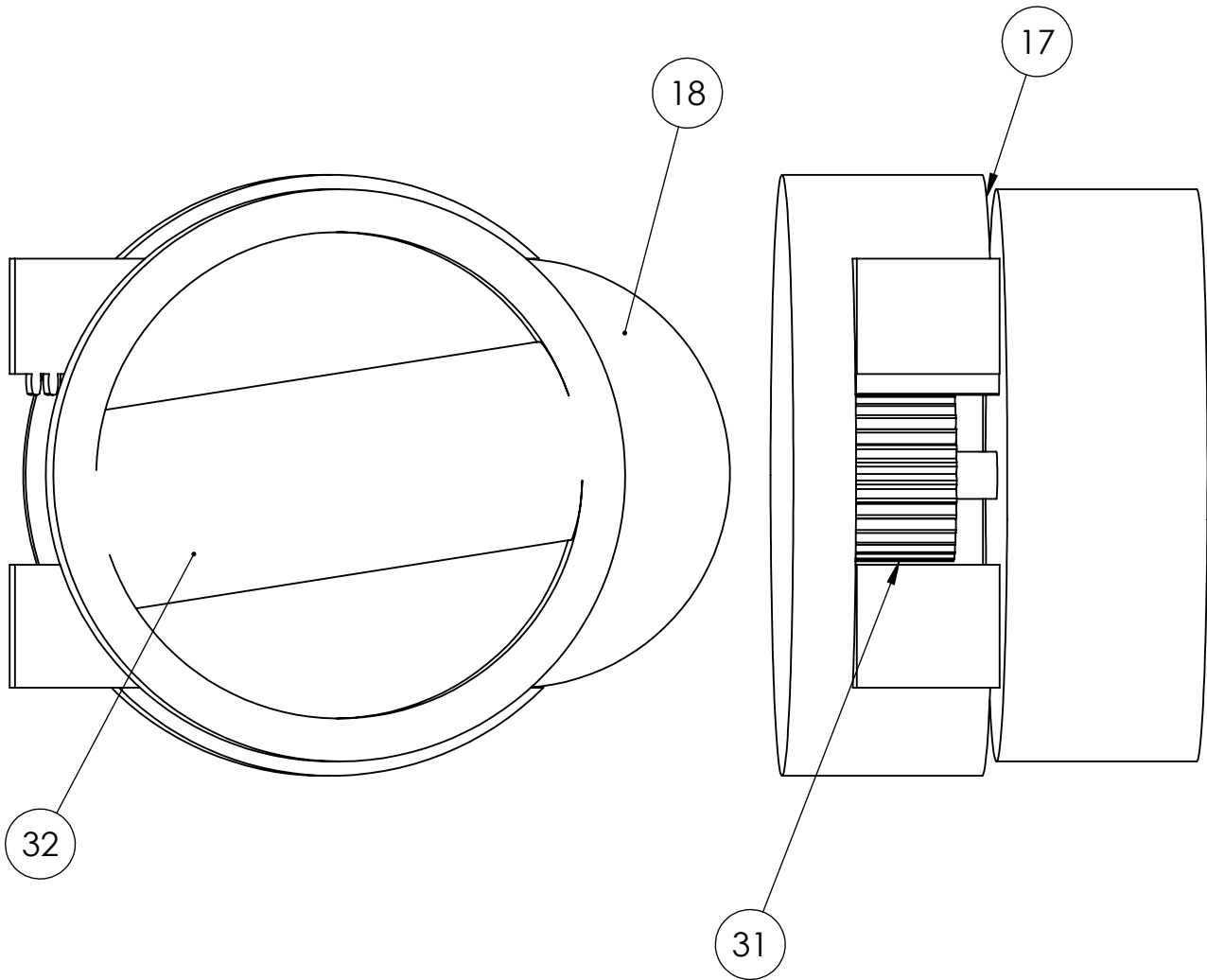
Ensamblaje Sec. Bomba de agua		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/5		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 4.0	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



<h2>Bomba de agua</h2>		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala:	1/5	
TAMAÑO	A4	
Nº Plano		4.1
		UNIVERSIDAD DE JAÉN
		Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



Tornillo M12		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 2/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 4.2	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
17	pestillo_1	1
18	pestillo_2	1
31	engranaje pestillo	1
32	pestillo 4	1

Ensamblaje Sec. Pestillo

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 2/1

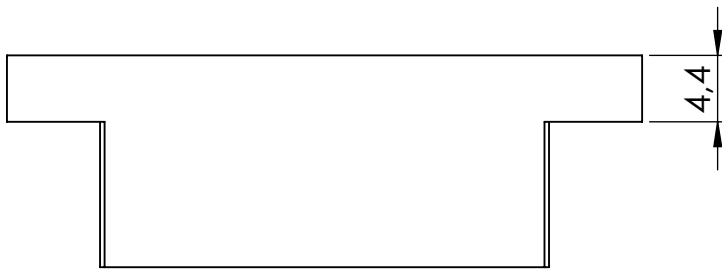
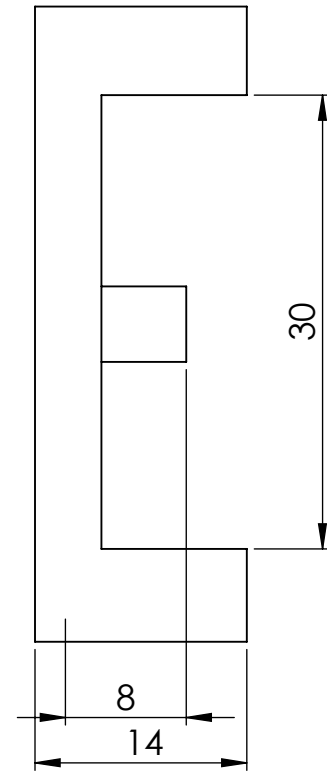
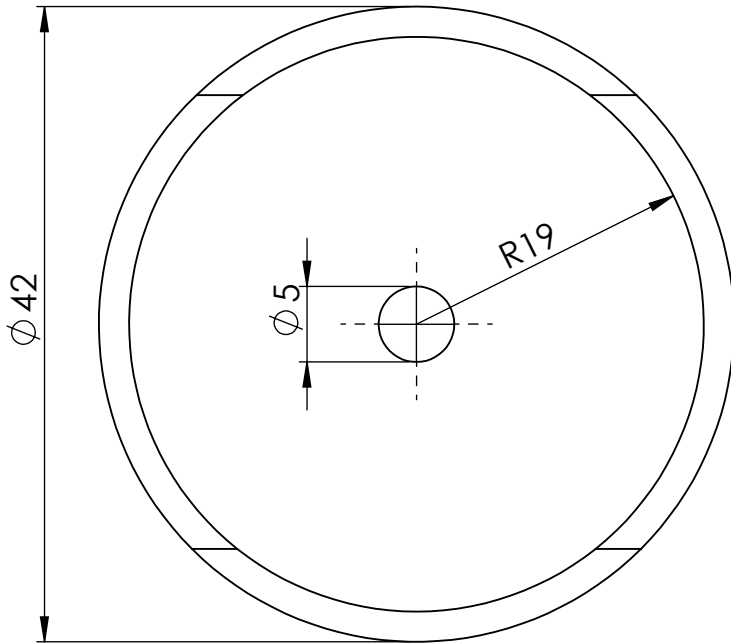


UNIVERSIDAD DE JAÉN

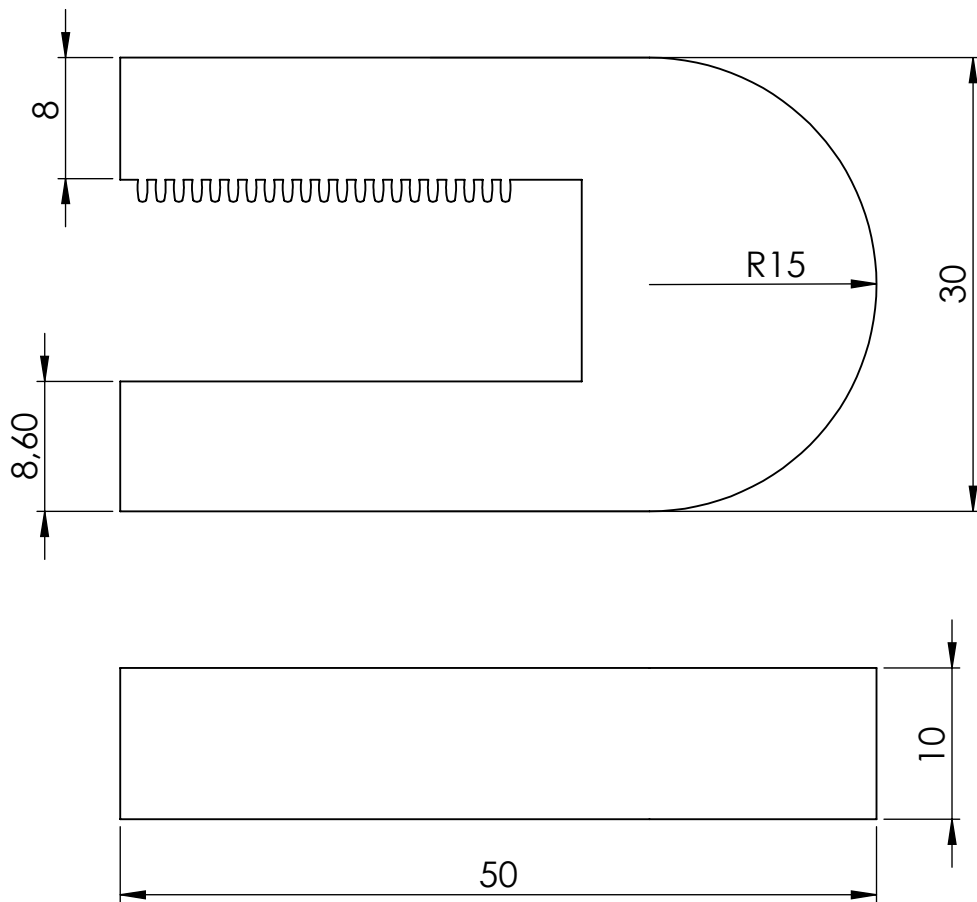
TAMAÑO A4

Nº Plano 5.0

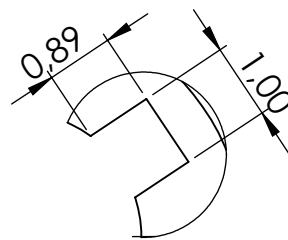
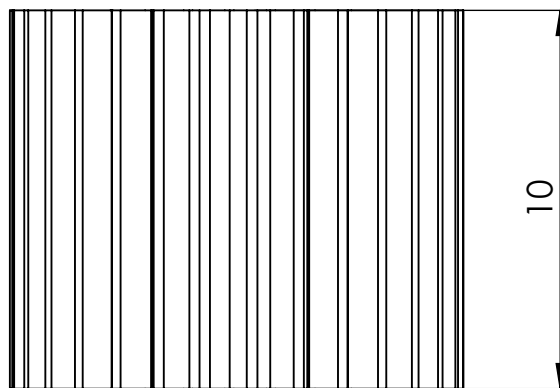
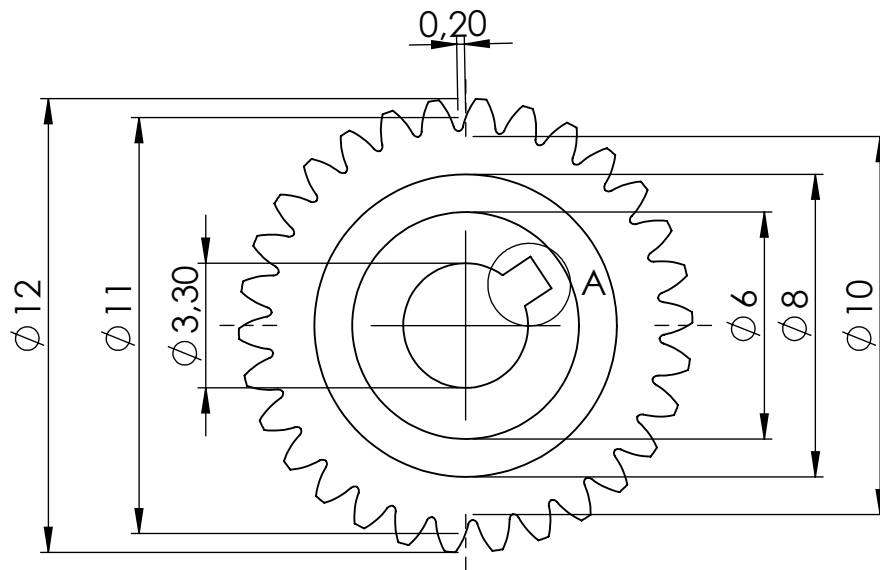
Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Pieza 1. Pestillo		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 2/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 5.1	

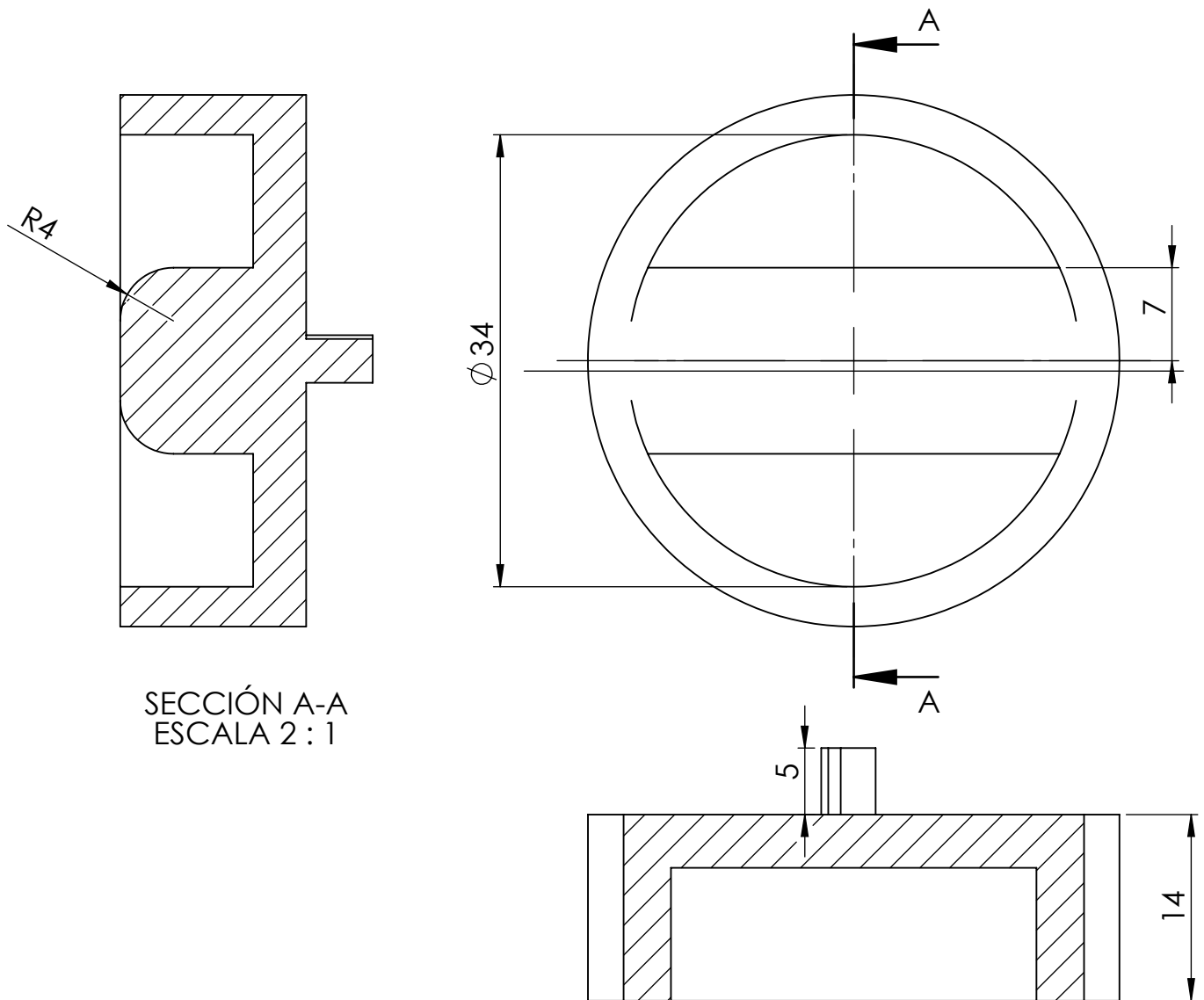


Pieza 2. Pestillo		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 2/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 5.2	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

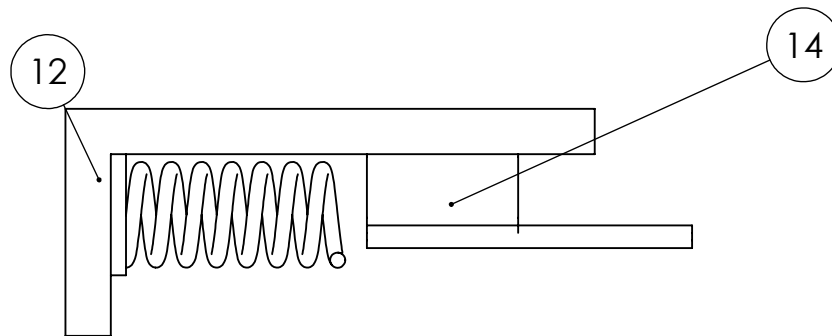
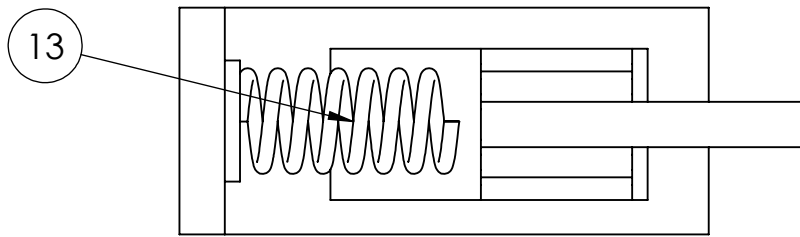


DETALLE A
ESCALA 10 : 1

<h2>Engranje Pestillo</h2>		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 5/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 5.3	



Pieza 4. Pestillo		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 2/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 5.4	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
12	apoyo cierre muelle	2
13	muelle	2
14	pieza movil muelle	2

Ensamblaje Sec. Cierre Muelle

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 2/1

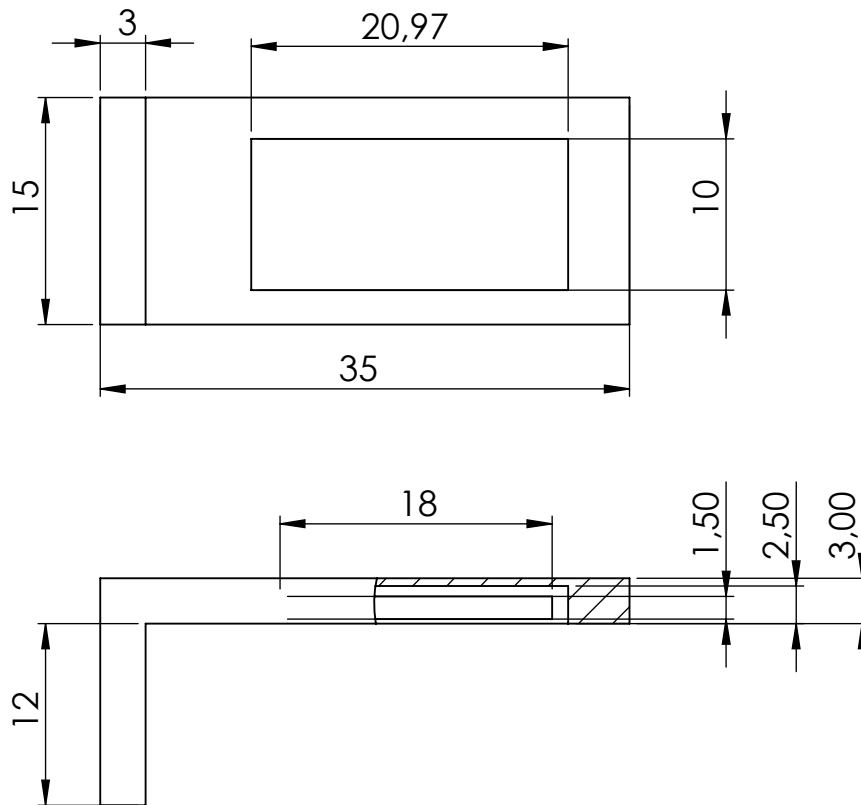


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 6.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Apoyo Muelle. Cierre

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 2/1

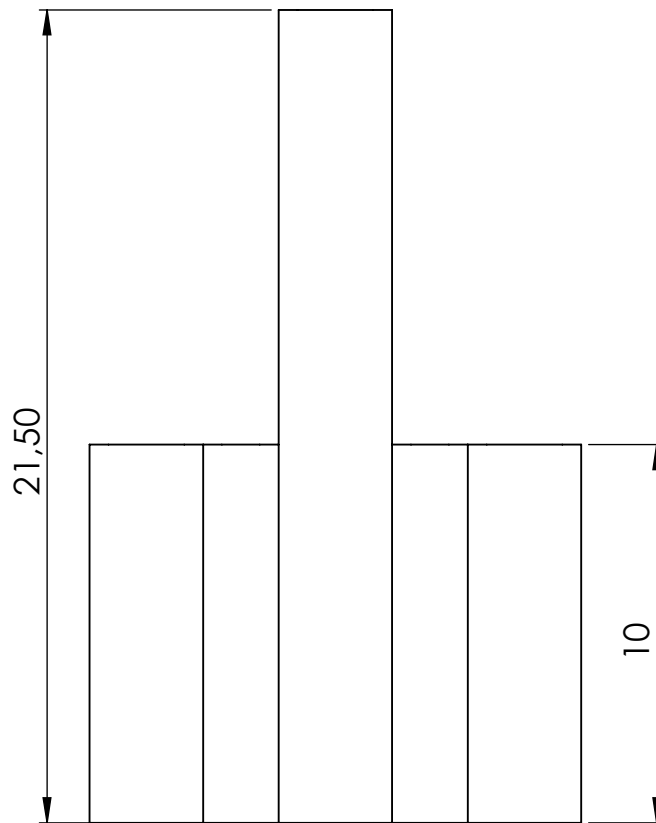
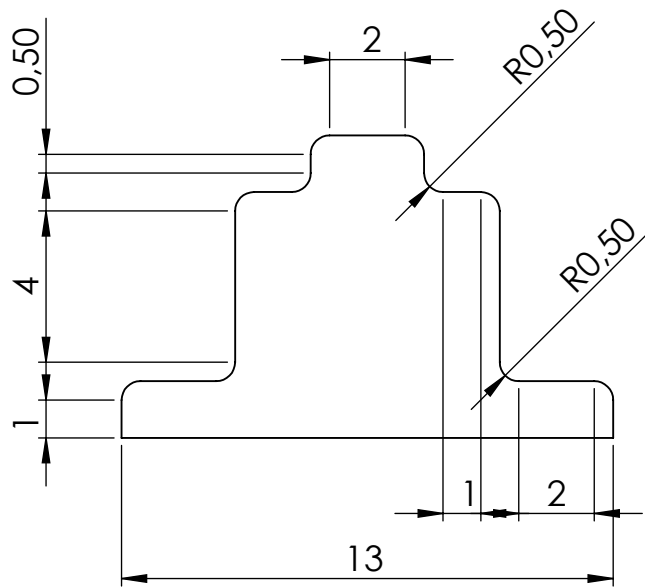


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 6.1

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Pieza Movil. Cierre

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 5/1

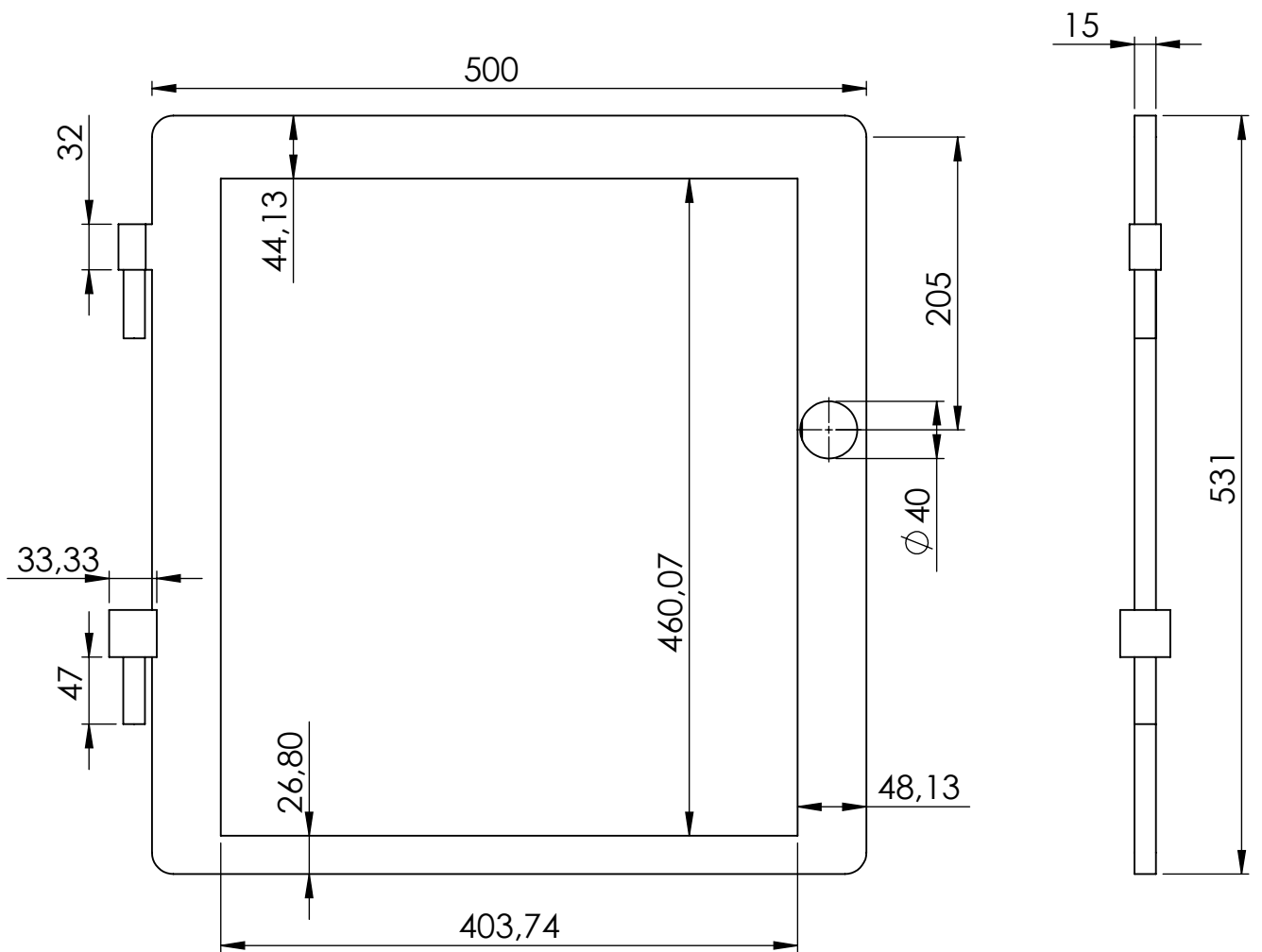


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 6.2

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Puerta Frontal

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/5

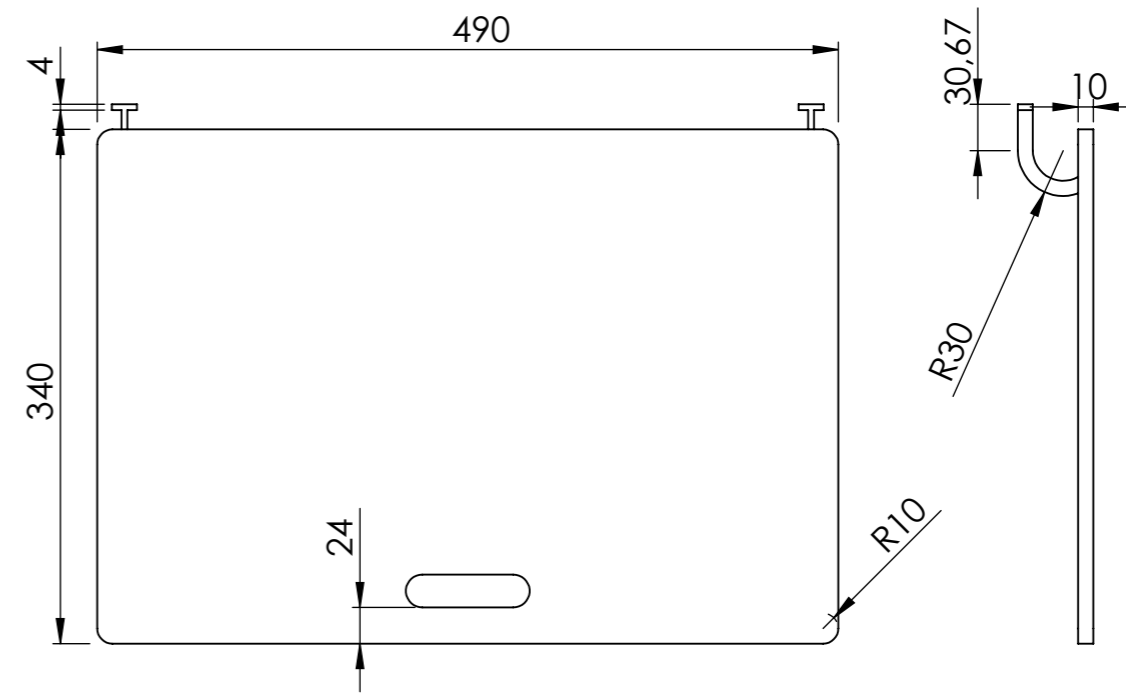
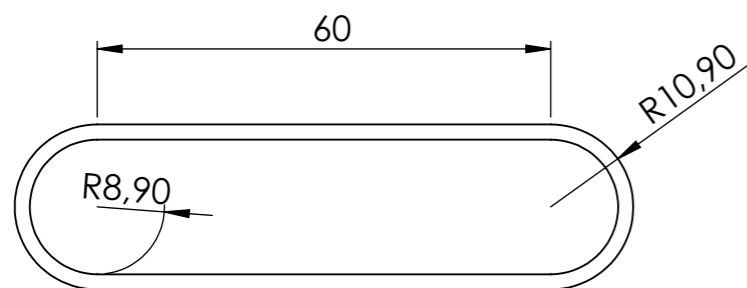
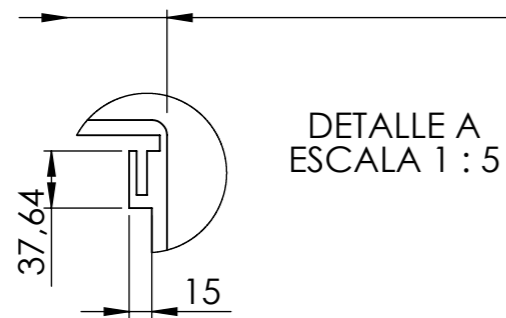
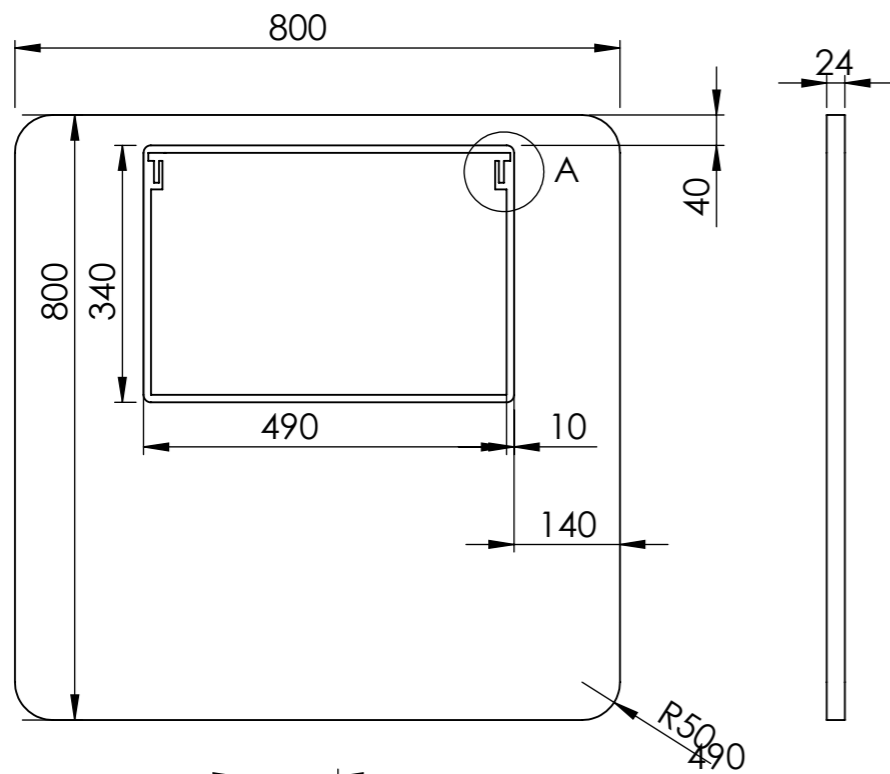


UNIVERSIDAD DE JAÉN

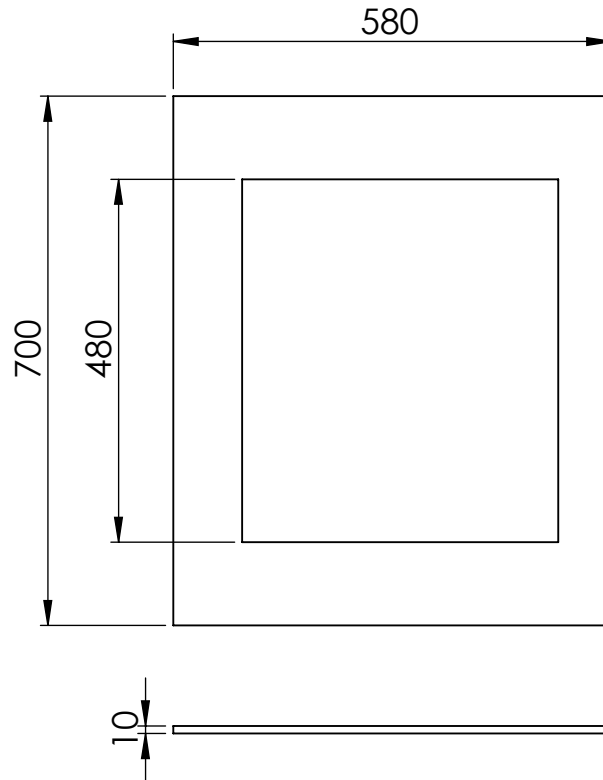
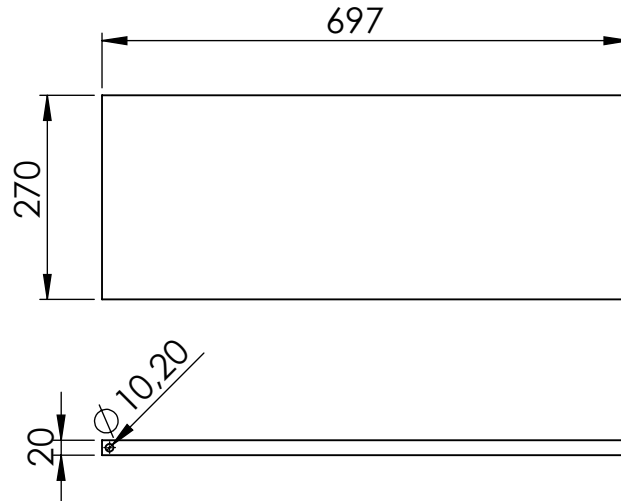
TAMAÑO A4

Nº Plano 7.0

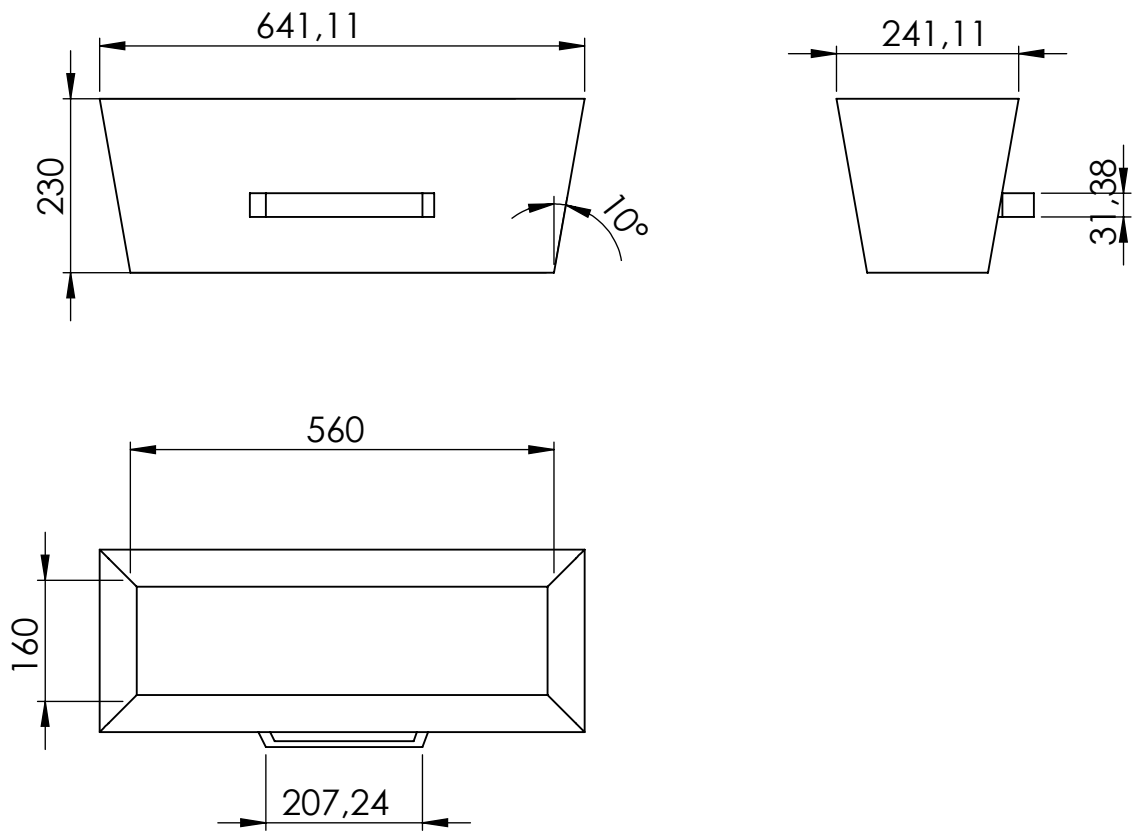
Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



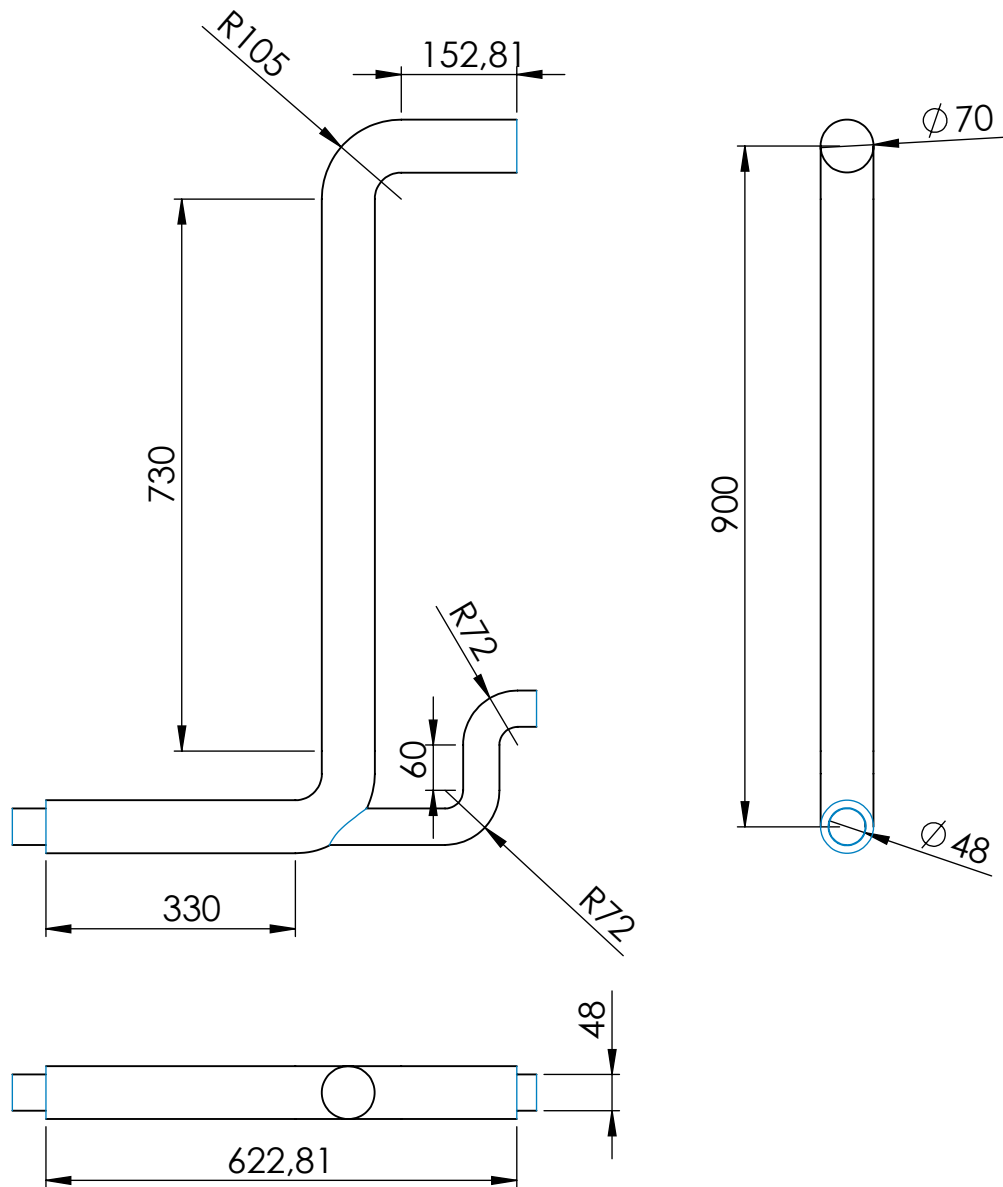
Tapa Superior Puerta Superior Agarre		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/10 1/5 1/1		UNIVERSIDAD DE JAÉN Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
TAMAÑO A3	N° Plano 8.0	



Puerta Inferior Chapa Puerta		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/10		UNIVERSIDAD DE JAÉN
TAMAÑO A4	Nº Plano 9.0	Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



<h2>Caja de Ceniza</h2>		
Autor: Daniel Sánchez Oya		
Escala: 1/10		UNIVERSIDAD DE JAÉN Dpto. Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
TAMAÑO A4	Nº Plano 10.0	



Tubo de Escape

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/10

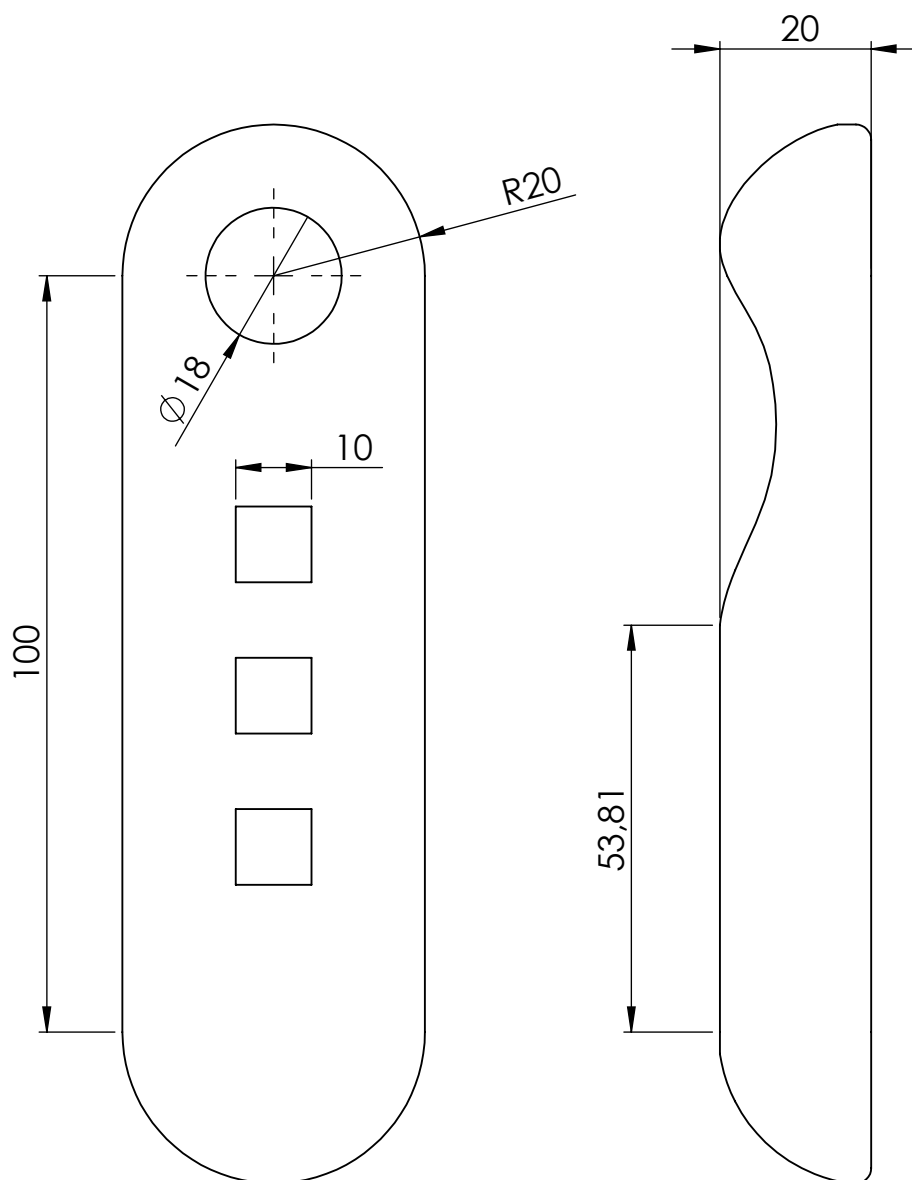


UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 11.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos



Mando a Distancia

Autor: Daniel Sánchez Oya

Escala: 1/1



UNIVERSIDAD DE JAÉN

TAMAÑO A4

Nº Plano 12.0

Dpto. Ingeniería Gráfica,
Diseño y Proyectos