



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y desarrollo de mobiliario contemporáneo  
personalizable basado en los conceptos de modelado  
paramétrico y procesos de corte láser y doblado y plegado  
de chapa.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

AUTOR/A: Molina Gutiérrez, Florencia

Tutor/a: Salvador Herranz, Gustavo Manuel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# DISEÑO Y DESARROLLO DE MOBILIARIO CONTEMPORÁNEO PERSONALIZABLE BASADO EN LOS CONCEPTOS DE MODELADO PARAMÉTRICO Y PROCESOS DE CORTE LÁSER Y DOBLADO Y PLEGADO DE CHAPA.

**Trabajo Fin de Master**

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador  
(MUDFIAC)

Autor: **Florencia Molina Gutiérrez**  
Tutor: **Prof. Gustavo Manuel Salvador Herranz**

**Septiembre de 2022**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**  
Universitat Politècnica de València



## RESUMEN

El presente trabajo final de máster presenta un mobiliario escalable a las necesidades del cliente de forma rápida, sencilla y económica. Para ello se ha hecho uso del modelado 3D, tablas de diseño y hojas de cálculo, consiguiendo que el modelado 3D se modifique mediante la introducción de datos en la hoja de cálculo. Posteriormente se ha preparado un modelo obtenido para su fabricación con corte láser y plegado de chapa. Finalmente se ha presentado el presupuesto del coste de preparación de un modelo parametrizado.

**Palabras clave:** *Diseño industrial; fabricación industrial; corte láser; plegado de chapa; mobiliario de oficina; modelado asistido por ordenador; diseño personalizado; parametrización de productos.*

## ABSTRACT

The present master's final project presents furniture that can be scaled to the needs of the client quickly, easily and economically. To do this, 3D modelling, design tables and spreadsheets have been used, making it possible for the 3D model to be modified by entering data in the spreadsheet. Subsequently, a model obtained for its manufacture with laser cutting and sheet metal folding has been prepared. Finally, the budget for the cost of preparing a parameterized model has been presented.

**Keywords:** *Industrial design; industrial manufacturing; laser cutting; sheet metal bending; office furniture; computer-aided modeling; custom design; product parameterization.*

## RESUM

El present Treball Fi de Màster presenta un mobiliari escalable a les necessitats del client de manera ràpida, senzilla i econòmica. Per a això s'ha fet ús del modelatge 3D, taules de disseny i fulls de càlcul, aconseguint que el modelatge 3D es modifiquí mitjançant la introducció de dades en el full de càlcul. Posteriorment s'ha preparat un model obtingut per a la seua fabricació amb tall làser i plegat de xapa. Finalment s'ha presentat el pressupost del cost de preparació d'un model parametritzat.

**Paraules clau:** *Disseny industrial; fabricació industrial; tall làser; plegat de xapa; mobiliari d'oficina; modelatge assistit per ordinador; disseny personalitzat, parametrització de productes.*

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este proyecto, y el estar a pocos días de culminar esta etapa de mi vida, no habría sido posible sin el apoyo constante de mis padres. Por lo que el mayor agradecimiento es a ellos.

Tampoco estaría aquí sin todos los profesores que he tenido a lo largo del grado y el máster. A todos ellos, gracias.

También agradecer a todos los compañeros con los que he tenido el placer de formarme y crecer, a mi familia, amigos y pareja.

Gracias a todos por acompañarme en esta etapa que por fin culmina.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>12</b>
Introducción y punto de partida .....	13
Objetivos .....	13
Alcance .....	14
Exclusiones .....	14
<b>MEMORIA PARTE 1 .....</b>	<b>15</b>
1.Objeto a parametrizar .....	16
1. Definición del modelo .....	17
1.1 Forma .....	17
1.2 Redondeos.....	17
1.3 Recoge cables .....	18
1.4 Orificio para pasar cables .....	18
1.5 Recortes para columnas .....	18
2. Definición de parámetros.....	19
2.1 Forma .....	19
2.2 Redondeos.....	21
2.3 Recoge cables .....	22
2.4 Orificio para cables.....	23
2.5 Recortes para columnas .....	24
3. Definición de parámetros.....	26
3.1 Extrusión del rectángulo central .....	26
3.2 Extrusión del rectángulo izquierdo .....	27
3.3 Extrusión del rectángulo derecho .....	27
3.4 Redondeos.....	28
3.8 parametrización por medio de tablas de diseño.....	30
3.9 Tablas de diseño .....	30

3.10	Parametrización del modelo .....	33
4.	Introducción de datos .....	39
4.1	Creación de la interfaz.....	39
4.2	Conexión de interfaz con la tabla de diseño .....	45
5.	Conclusión .....	46
<b>MEMORIA PARTE 2:.....</b>		<b>47</b>
1.	Uso del modelo parametrizado.....	48
2.	Convertir en chapa metálica .....	49
3.	Creación de planos .....	52
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA .....</b>		<b>57</b>
	Mano de obra.....	58
	Recursos materiales .....	58
	Recursos informáticos.....	58
	Electricidad.....	58
	Resumen de gastos .....	59
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>62</b>
	Lista de parámetros .....	62
	Tabla de diseño .....	63
	Interfaz de introducción de datos.....	65
	Plano .....	67

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espacio 1 .....	16
<b>Figura 2</b> Espacio 2.....	16
<b>Figura 3.</b> Forma del mueble .....	17
<b>Figura 4.</b> Redondeos de las esquinas .....	17
<b>Figura 5.</b> Recoge cables.....	18
<b>Figura 6.</b> Orificio para pasar cables.....	18
<b>Figura 7.</b> Recortes para columnas.....	18
<b>Figura 8.</b> Forma recta .....	19
<b>Figura 9.</b> Forma L derecha.....	19
<b>Figura 10.</b> Forma L Izquierda.....	20
<b>Figura 11.</b> Forma U.....	20
<b>Figura 12.</b> Redondeos 1 .....	21
<b>Figura 13.</b> Redondeos 2 .....	21
<b>Figura 14.</b> Planos centrales .....	22
<b>Figura 15.</b> Parámetros del recoge cables.....	22
<b>Figura 16.</b> Espesores .....	23
<b>Figura 17.</b> Pasa cables .....	23
<b>Figura 18.</b> Ejemplo de posición 1 .....	24
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de posición 2 .....	25
<b>Figura 20.</b> Punto 0 de los rectángulos.....	25
<b>Figura 21.</b> Forma del rectángulo central.....	26
<b>Figura 22.</b> Extrusión del rectángulo central .....	27
<b>Figura 23.</b> Extrusión del rectángulo izquierdo .....	27
<b>Figura 24.</b> Extrusión del rectángulo derecho .....	28
<b>Figura 25.</b> Definición del redondeo R1 .....	28
<b>Figura 26.</b> Recoge cables derecho e izquierdo.....	29
<b>Figura 27.</b> Pasa cables .....	29

**Figura 28.** Recorte para columnas ..... 30

**Figura 29.** Acceso a la tabla de diseño ..... 31

**Figura 30.** Creación tabla de diseño..... 31

**Figura 31.** Formato de una tabla de diseño ..... 32

**Figura 32.** Abrir la tabla de diseño ..... 32

**Figura 33.** Activar o desactivar operación desde tabla de diseño ..... 33

**Figura 34.** 4 modelos diferentes ..... 34

**Figura 35.** Primeros parámetros ..... 34

**Figura 36.** Configuraciones del modelo ..... 35

**Figura 37.** Primera operación parametrizada ..... 35

**Figura 38.** Parámetros de los rectángulos laterales..... 35

**Figura 39.** Configurar operación ..... 36

**Figura 40.** Modificar configuración ..... 36

**Figura 41.** Configuración de la forma..... 36

**Figura 42.** Tabla de diseño: Parametrización de la forma ..... 37

**Figura 43.** Tabla de diseño: Parametrización de los redondeos ..... 38

**Figura 44.** Tabla de diseño: Parametrización de los recortes de esquinas y orificios pasa cables ..... 38

**Figura 45.** Tabla de diseño: Parametrización recoge cables..... 39

**Figura 46.** Parámetros de forma - Recta..... 40

**Figura 47.** Parámetros de forma – Forma en L ..... 40

**Figura 48.** Parámetros de forma – Forma U ..... 40

**Figura 49.** Parámetros para definir los redondeos ..... 41

**Figura 50.** SI=0, NO=1..... 41

**Figura 51.** Lista de radios ..... 42

**Figura 52.** Formato condicional ..... 42

**Figura 53.** Condición operación suprimida ..... 43

**Figura 54.** Parámetros Esquinas y pasa cables..... 44

**Figura 55.** Parámetros Recoge cables ..... 44

<b>Figura 56.</b> Conexión de la tabla de diseño con la interfaz .....	45
<b>Figura 57.</b> Espacio para el mueble .....	48
<b>Figura 58.</b> Forma del mueble .....	48
<b>Figura 59.</b> Modelo 3D del producto .....	49
<b>Figura 60.</b> STEP en el gestor de diseño del Feature Manager .....	50
<b>Figura 61.</b> Modelo en chapa metálica.....	50
<b>Figura 62.</b> Modelo en chapa metálica desplegado .....	50
<b>Figura 63.</b> Superficie con 1 o 2 plegados .....	51
<b>Figura 64.</b> Dimensiones para el cálculo de líneas de plegado .....	51
<b>Figura 65.</b> Cajetín .....	52
<b>Figura 66.</b> Vista predefinida .....	53
<b>Figura 67.</b> Automatizar escala.....	53
<b>Figura 68.</b> Plantilla.....	54
<b>Figura 69.</b> Programador de tareas – Crear dibujos.....	54
<b>Figura 70.</b> Crear dibujos .....	55
<b>Figura 71.</b> Lista de tareas programadas .....	55
<b>Figura 72.</b> Dibujo generado.....	56
<b>Figura 73.</b> ANEXO – TABLA DE DISEÑO 1 .....	63
<b>Figura 74.</b> ANEXO – TABLA DE DISEÑO 2 .....	64
<b>Figura 75.</b> ANEXO – TABLA DE DISEÑO 3 .....	64
<b>Figura 76.</b> ANEXO – TABLA DE DISEÑO 4 .....	64
<b>Figura 77.</b> ANEXO – TABLA DE DISEÑO 5 .....	65
<b>Figura 78.</b> ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA RECTA.....	65
<b>Figura 79.</b> ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA L IZQUIERDA .....	66
<b>Figura 80.</b> ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA L DERECHA .....	67
<b>Figura 81.</b> ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA U .....	67

# PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se recoge el Trabajo Final de Máster de Florencia Molina Gutiérrez, tras cursar el Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador (MUDFIAC) en la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), el trabajo tiene como finalidad la culminación de los estudios del máster.

## Introducción y punto de partida

El diseño industrial es la ingeniería encargada de la concepción, creación y desarrollo de productos, normalmente para ser fabricados en serie, con el objetivo de cubrir las necesidades del usuario.

En la gran mayoría de proyectos se elaboran modelos computarizados mediante el uso de aplicaciones de diseño e ingeniería asistidos por ordenador (CAD/CAE/CAM), como SolidEdge® y Unigraphics NX® de Siemens o CATIA® y SolidWorks® de Dassault Systèmes.

Una de las características más importantes de estas herramientas es que permiten definir la geometría y la física de un modelo 3D por medio de parámetros asociados y relaciones entre los distintos elementos que definen el modelo. Esto permite, como se expone en el artículo “El diseño paramétrico como herramienta creativa en diseño de producto” de la Revista Técnica Industrial [1], explorar alternativas en el modelo modificando los valores de los parámetros y que estos cambios se ajusten a otros parámetros por medio de las relaciones existentes.

Este tipo de programas que permiten realizar modelo paramétricos, entre muchas otras cosas, incorporan la posibilidad de describir los parámetros en una interfaz diferente como Microsoft Excel. Esto permite modificar el modelo 3D con la simple introducción de valores numéricos en una hoja de cálculo. Esto es mucho más rápido y sencillo, lo que repercute en un proceso más económico que modificar los valores de las cotas que definen el modelo de uno en uno.

A pesar de los beneficios que aporta tener modelos modificables mediante una hoja de cálculo, no es una técnica muy conocida y menos aún empleada en pymes, esto se debe a que la elaboración es compleja y requiere más tiempo para realizarse.

Conociendo los beneficios de la implementación de modelos parametrizados modificables con la simple introducción de datos en una interfaz externa al programa de modelado, el proyecto parte de unos conocimientos básicos en el uso de SolidWorks® y de Excel con el fin de introducirse en este campo aplicándolo a un modelo sencillo como es un tablero para escritorio.

## Objetivos

El **objetivo principal** de este trabajo final de máster es introducirse en la creación de modelos paramétricos mediante el uso de SolidWorks® y los cuales se puedan modificar por introducción de datos en hojas de cálculo. El **segundo objetivo** es aplicar

los conocimientos adquiridos en las prácticas de empresa para la preparación de un modelo para ser fabricado mediante corte láser y plegado de chapa.

El proyecto también pretende cumplir con algunos **Objetivos de Desarrollo Sostenibles** marcados por la Unesco, como la educación de calidad, ya que el proyecto puede servir para explicar y entender el funcionamiento de la parametrización mediante tablas de diseño, y la producción y consumo responsable, puesto que el objetivo es fabricar muebles personalizados para cada cliente, no la fabricación en masa de estos.

## Alcance

Para el desarrollo del proyecto, se ha dividido la memoria en dos fases. La primera para la elaboración del modelo paramétrico y la segunda para la preparación de un modelo para su fabricación por medio de corte láser y plegado.

En la primera fase se ha dividido en 7 partes. El apartado 1 plantea el motivo de parametrizar un modelo CAD y el objeto que se va a parametrizar. En el apartado 2 se define que elementos va a tener el modelo que se podrán parametrizar. En el apartado 3 se define cada uno de los parámetros. En el apartado 4 se modela toda la pieza. En el apartado 5 se crea la tabla de diseño que permitirá modificar el modelo por medio la introducción de datos. En el apartado 6 se crea una hoja de cálculo para la introducción de los datos y se relaciona con el modelo parametrizado. Por último, el apartado 7 es una conclusión de la primera fase del proyecto.

En la segunda fase cuenta con 3 apartados. El apartado 1 se emplea el modelo parametrizado para generar un mueble para un espacio concreto. En el apartado 2 se ha convertido el modelo en chapa metálica y se ha preparado para corte y plegado de chapa metálica. Por último, en el apartado 3 se han preparado un archivo para generar planos de forma automática.

Para finalizar el proyecto, se ha calculado el presupuesto de generar el modelo parametrizado.

## Exclusiones

El proyecto pretende ser una guía para el uso de herramientas disponibles en el programa de modelado 3d SolidWorks®, pero no se entra en detalles técnicos ni teóricos más allá del uso como usuario del programa. En la segunda parte de la memoria, se ha trabajado en un solo modelo el cual se ha preparado para la fabricación en chapa a nivel CAD, sin entrar en la programación CAM del plegado del modelo.

# MEMORIA PARTE 1

## Creación de un modelo parametrizado

Esta primera parte del proyecto detalla todo el proceso seguido para la creación del modelo parametrizado. El proceso de parametrización ha contado con varias fases, las cuales se resumen a continuación.

Primero se ha descrito un problema a resolver con el objeto a modelar. Después se ha definido como tiene que ser el modelo y las partes de este que se van a poder modificar, identificando uno por uno los parámetros que definen el modelo. Una vez definido esto, se ha procedido a modelar en SolidWorks® todo el modelo, para después parametrizarlo con la introducción de una tabla de diseño en el modelo. Por último, se ha vinculado la tabla de diseño a una hoja Excel externa para la introducción de los valores y modificar así el modelo solo introduciendo valores.

Para la realización de esta primera parte del proyecto se ha empleado como guía el capítulo 6 (Tabla de diseño) de El gran libro de SOLIDWORKS [2].

## 1. Objeto a parametrizar

Existen infinidad de muebles en el mercado: sillas, armarios, camas..., de cada uno de ellos existen infinidad de estilos, tamaños, materiales, colores y texturas. Esto permite a los usuarios amueblar sus espacios conforme a sus gustos y necesidades. Para focalizar el problema, este proyecto se va a centrar en escritorios de estudio y trabajo.

El problema sobre el que trabajar son las dimensiones, ya que, aunque existen gran variedad de formas y dimensiones, muchas veces no concuerdan con las dimensiones del lugar donde se quiere colocar. Como ejemplo de esto, se plantean dos espacios en la que se quiere colocar un escritorio.

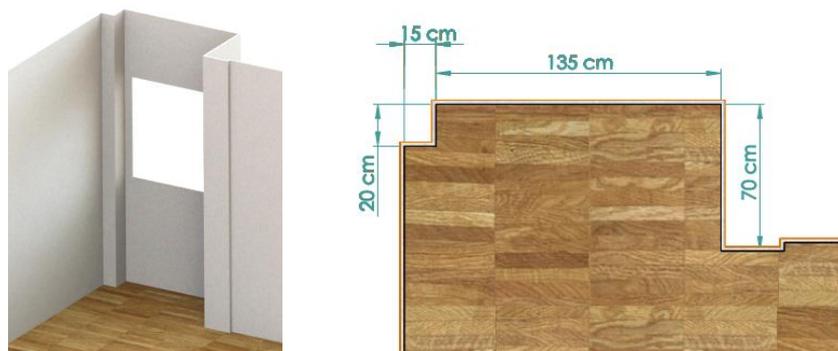


Figura 1. Espacio 1



Figura 2. Espacio 2

Haciendo un repaso de las principales casas de muebles, se observa que, en primer lugar, en ningún caso se contempla la existencia de columnas en las viviendas, y segundo, las opciones en cuanto a dimensiones son limitadas, por lo que o el mueble no entra por poco, o sobra un espacio en el que no entra nada y queda desocupado.

Este problema o inconveniente se puede trasladar a distintos espacios y muebles del hogar. Para solventar esto existen en el mercado distintas empresas que diseñan muebles a medida.

Para este tipo de empresas, contar con un modelo paramétrico del producto, el cual se ajuste a las necesidades del cliente solo con introducir datos significaría una reducción en el tiempo y coste de producción del producto.

Por tanto, el objeto que se ha planteado como una introducción al modelado parametrizado y el ajuste de este mediante hojas de cálculo es un tablero sencillo adaptable a distintos espacios.

## 2. Definición del modelo

El producto sobre el que se ha trabajado es un tablero de madera o de chapa metálica en el que se pueden personalizar, además del espesor, los siguientes elementos:

### 2.1 Forma

La forma del tablero se puede configurar para obtener una forma básica de rectángulo, una forma en L derecha o izquierda y una forma en U.



**Figura 3.** Forma del mueble

### 2.2 Redondeos

A todas las esquinas del tablero se les puede dar un redondeo, independientemente de la forma.



**Figura 4.** Redondeos de las esquinas

### 2.3 Recoge cables

Se puede configurar el mueble para añadir un recogedor de cables en la parte inferior. Se puede colocar o bien en los laterales (derecho y/o izquierdo) o en la parte trasera.

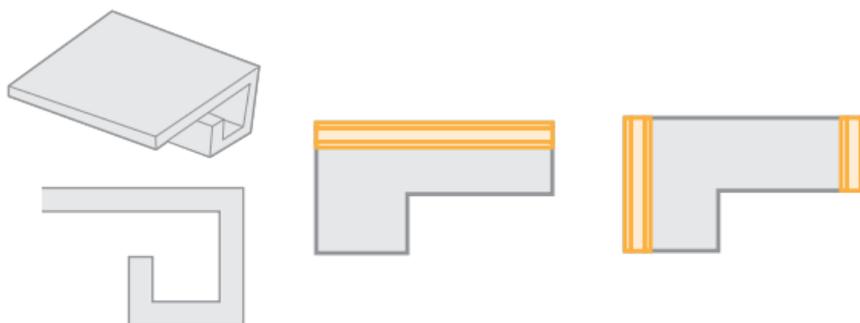


Figura 5. Recoge cables

### 2.4 Orificio para pasar cables

También se pueden añadir hasta dos orificios cilíndricos con el diámetro y posición deseados para poder pasar cables. En la Imagen 6 se puede ver ejemplos de posición y tamaño de los agujeros.



Figura 6. Orificio para pasar cables

### 2.5 Recortes para columnas

Se pueden configurar hasta dos recortes rectangulares en la posición deseada para poder adaptar el mueble al mueble a espacios con columnas. En la imagen 5 se pueden ver algunos ejemplos.



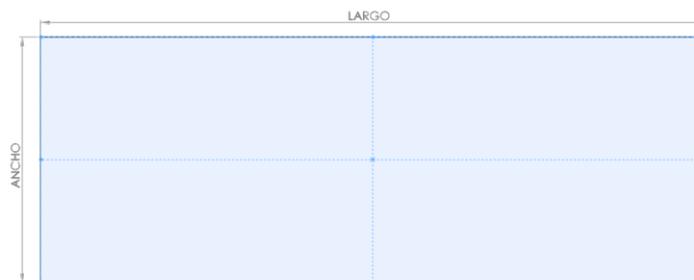
Figura 7. Recortes para columnas

### 3. Definición de parámetros

Tras definir el objeto y elementos a personalizar, la siguiente fase ha sido analizar cómo se iba a modelar cada una de las partes y asignar a cada una de las cotas que van a influir en la configuración del modelo un nombre concreto. Esto permitirá más adelante trabajar de forma más clara. En ANEXOS 1 se puede ver la lista de todos los parámetros.

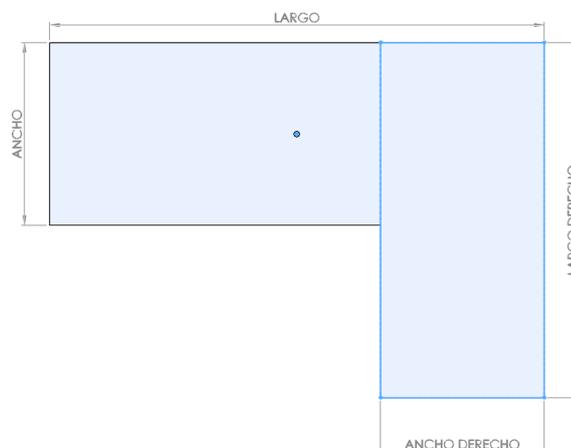
#### 3.1 Forma

Las distintas formas disponibles del tablero parten de una geometría rectangular definida por los parámetros: **LARGO** y **ANCHO**. Esta geometría se extruye y se añadirá el **ESPESOR** como parámetro modificable.



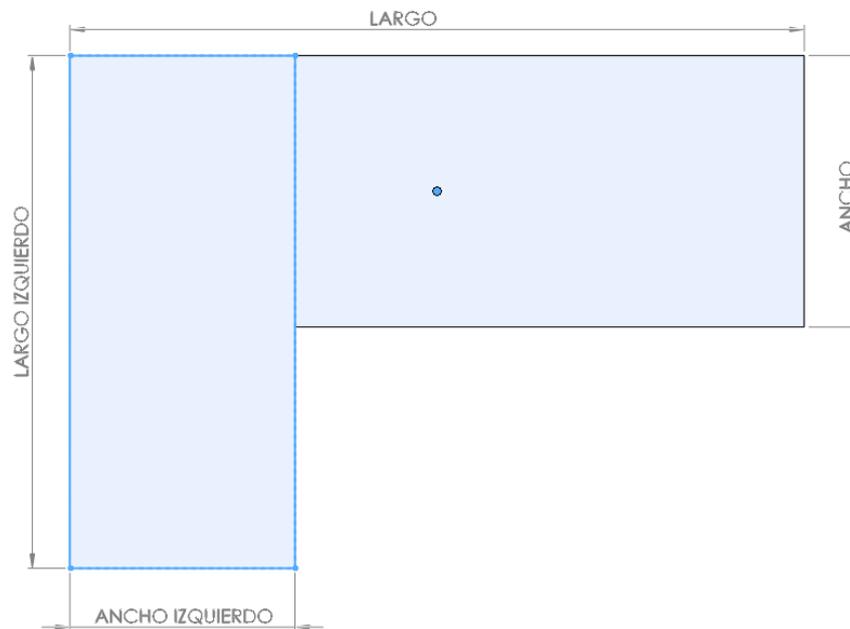
*Figura 8. Forma recta*

Con esta primera forma modelada, se añaden por separados los rectángulos que darán forma al tablero de L. El primero empieza de la esquina superior derecha del rectángulo principal, y se regula con los parámetros **LARGO DERECHO** y **ANCHO DERECHO**. A esta geometría se extruye asignándole el mismo espesor que al rectángulo principal.



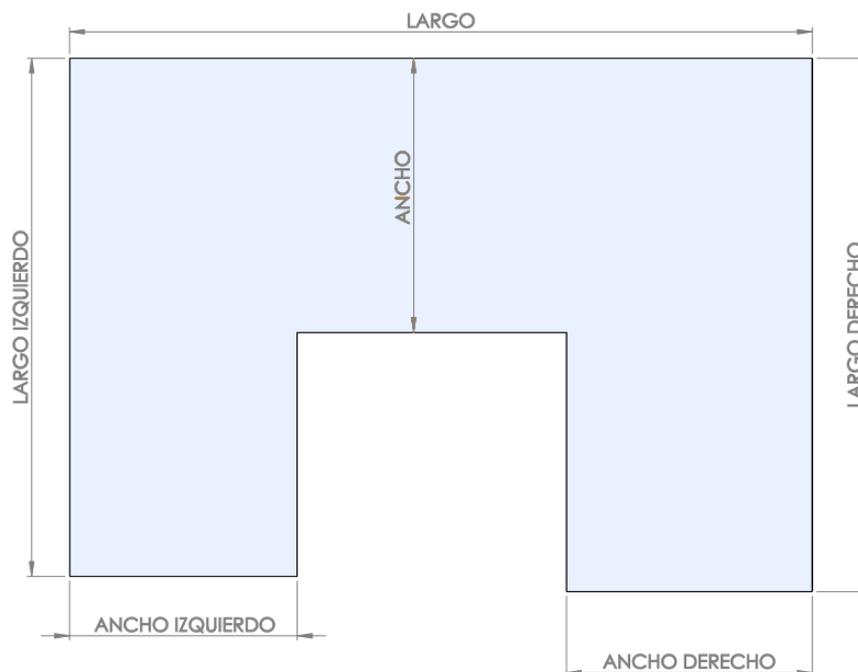
*Figura 9. Forma L derecha*

De igual forma, el segundo rectángulo parte de la parte superior izquierda del rectángulo principal y se controla mediante los parámetros **LARGO IZQUIERDO** Y **ANCHO DERECHO**.



**Figura 10.** Forma L Izquierda

Por último, con los seis parámetros mencionados hasta ahora se puede dar la forma de U al tablero.



**Figura 11.** Forma U

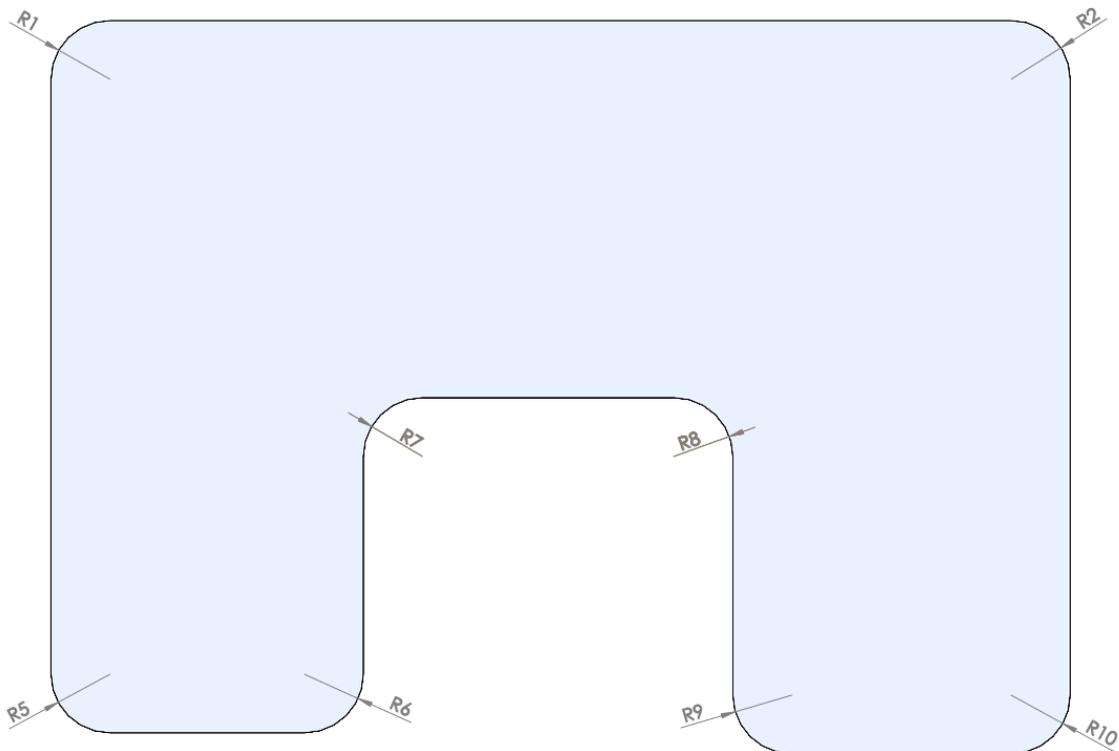
### 3.2 Redondeos

Los siguientes elementos por definir han sido los radios que definen los redondeos de las esquinas. Para ello, se le ha asignado un número a cada redondeo. En la siguiente se pueden ver la forma recta con los parámetros **R1**, **R2**, **R3** y **R4** asignados.



**Figura 12.** Redondeos 1

Para la forma en U, se desactivan los redondeos R3 y R4 y aparecen los redondeos **R5**, **R6**, **R7**, **R8**, **R9**, **R10**.



**Figura 13.** Redondeos 2

Los radios que se podrían añadir a las formas en L, tanto derecha como izquierda, son una combinación de los radios anteriores.

### 3.3 Recoge cables

Para los recoge cables se dibuja el perfil en los planos centrales del rectángulo base.

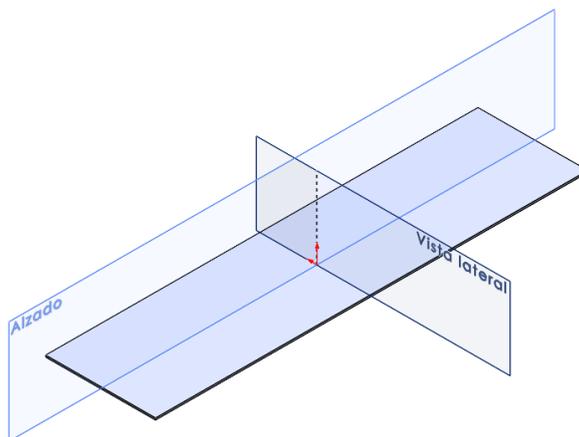


Figura 14. Planos centrales

Los recoge cables laterales, de forma independiente, en el plano Alzado y él traseros en el plano Vista lateral. El perfil se define por tres parámetros, Altura1, Profundidad y Altura2, los tres seguidos del sufijo T (para el perfil trasero), Der. (para el perfil derecho) e Izq. (Para el perfil izquierdo).

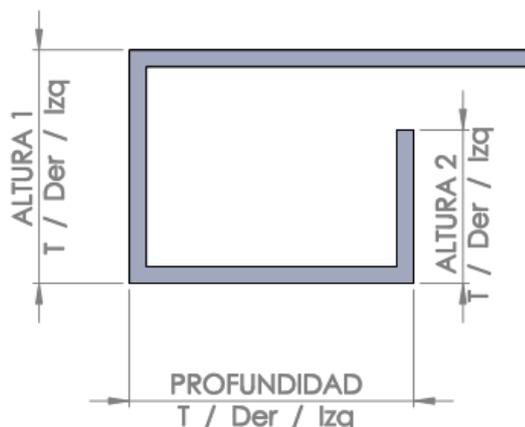


Figura 15. Parámetros del recoge cables

Además, los espesores, a pesar de ser igual en todas las partes, se le deben asignar parámetros diferentes: **ESPESOR 1**, **ESPESOR 2** y **ESPESOR 3**.

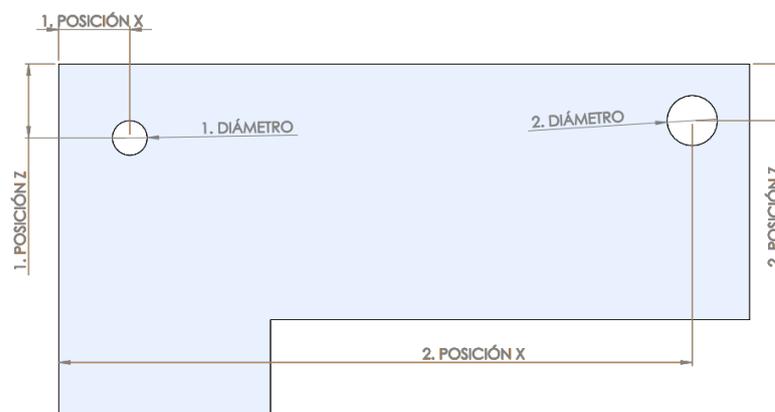


**Figura 16.** Espesores

Los perfiles se extruyen desde los planos centrales en dos direcciones, cubriendo la totalidad del lado donde se encuentra.

### 3.4 Orificio para cables

Para los orificios se han dibujado de forma independiente. Los círculos se definen por 3 parámetros con el prefijo 1 para el primer círculo, y el prefijo 2 para el segundo: **POSICIÓN X**, **POSICIÓN Z** y **DIÁMETRO**.



**Figura 17.** Pasa cables

### 3.5 Recortes para columnas

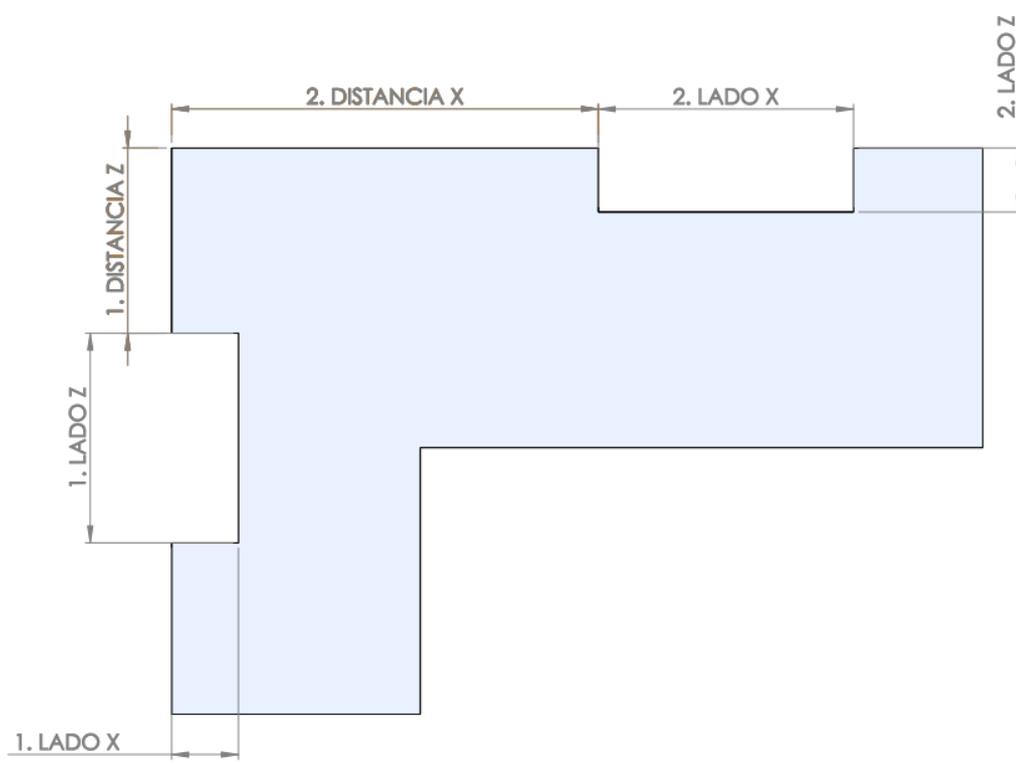
Para hacer los recortes rectangulares en el tablón, se han creado dos rectángulos ajustables en posición y dimensión. Los parámetros son los mismos, por lo que al primero se le ha añadido el prefijo 1, y al segundo, el prefijo 2. De esta forma, los parámetros para el primer rectángulo son:

- **1. DISTANCIA X**
- **1. DISTANCIA Z**
- **1. LADO X**
- **1. LADO Z**

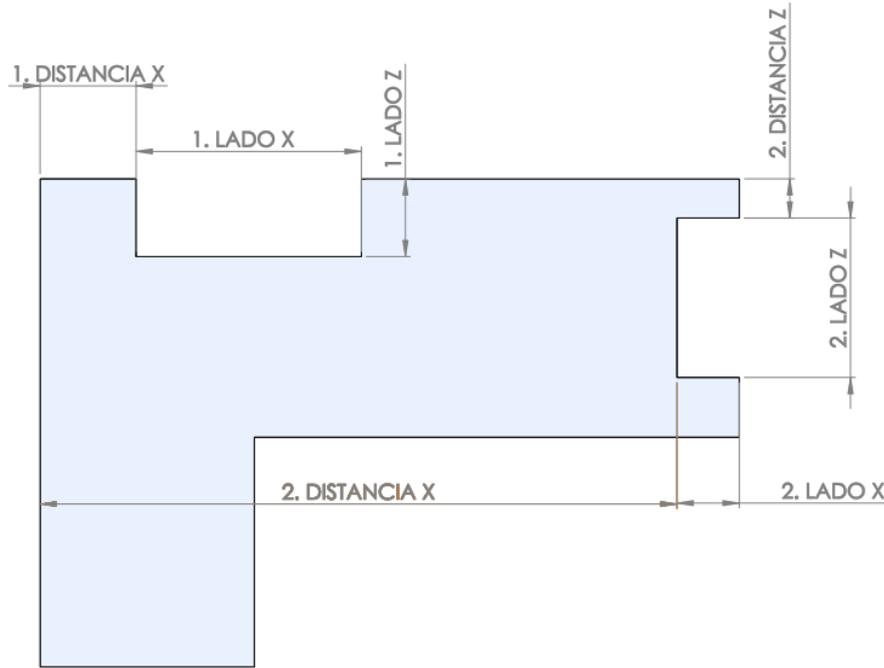
Y para el segundo rectángulo:

- **2. DISTANCIA X**
- **2. DISTANCIA Z**
- **2. LADO X**
- **2. LADO Z**

En las dos siguientes imágenes se muestran dos ejemplos de posición de los rectángulos con los parámetros que actúan. Si el parámetro no aparece en la imagen, es que el valor de este, para ese caso, es 0.

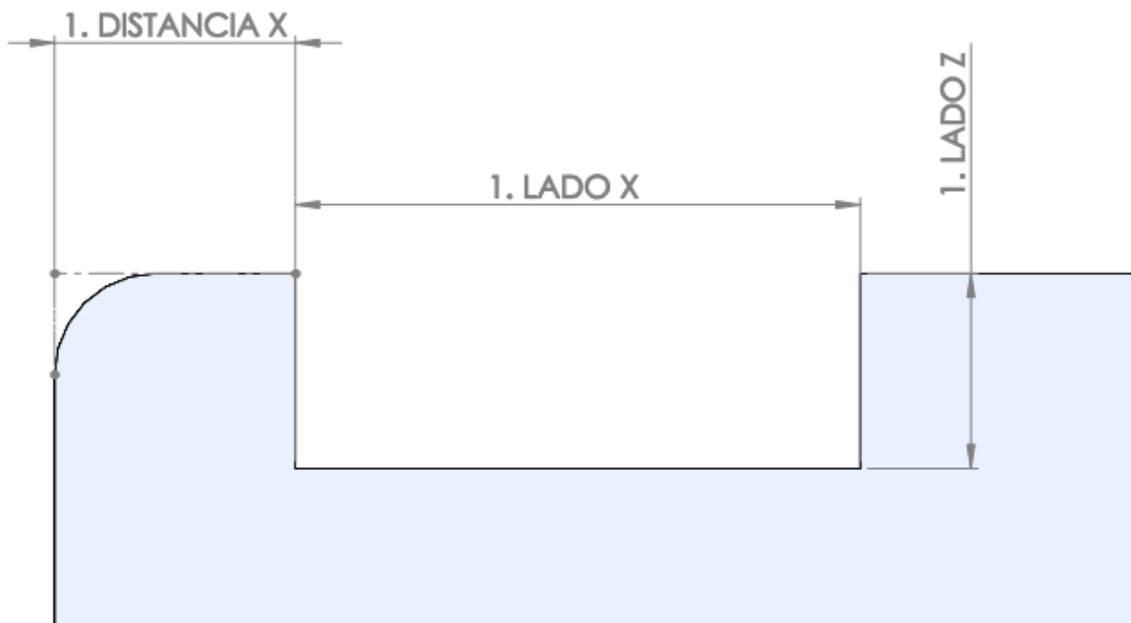


**Figura 18.** Ejemplo de posición 1



**Figura 19.** Ejemplo de posición 2

Cabe aclarar que las cotas que definen la distancia parten del punto superior izquierdo del rectángulo, independientemente de la forma y de sí esta esquina tiene radio o no. En la siguiente figura se puede ver esto más claro.



**Figura 20.** Punto 0 de los rectángulos

## 4. Definición de parámetros

Una vez definidos los parámetros se procedió al modelado de cada uno de los elementos configurables del modelo **utilizando** el programa SolidWorks® de Dassault Systèmes para el modelado.

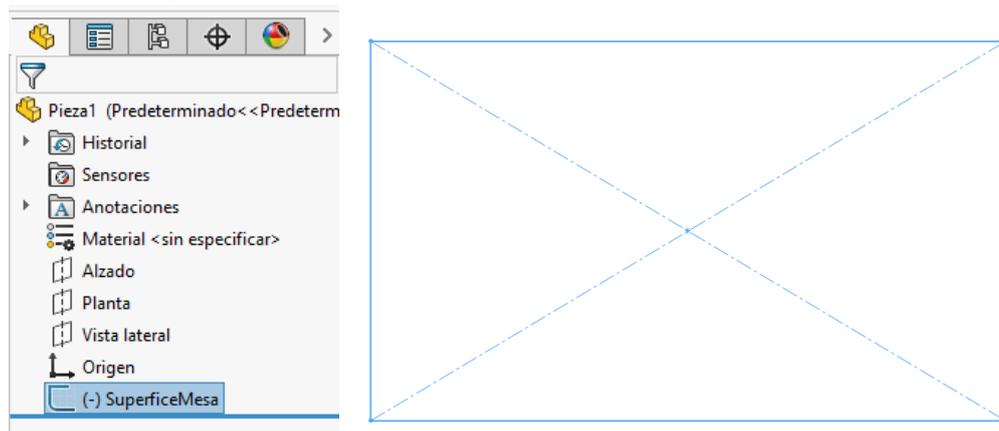
Para modelar el producto se ha seguido el siguiente orden:

1. Extrusión del rectángulo central
2. Extrusión rectángulo izquierdo
3. Extrusión rectángulo derecho
4. Radios
5. Extrusión del recoge cables
6. Orificio pasa cables
7. Recorte para columnas

A continuación, se detalla cada una de las operaciones numeradas, a las cuales se les ha asignado un nombre concreto para diferenciarlas con facilidad. Esto permitirá más adelante trabajar de forma más clara.

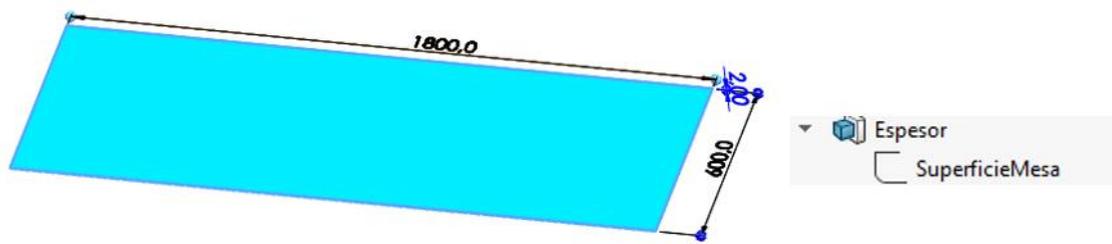
### 4.1 Extrusión del rectángulo central

Primero se ha modelado el rectángulo central del tablero. Para ello se ha dibujado un rectángulo, centrado en el punto de origen, en el plano Planta. A este croquis se le ha dado el nombre de “**SuperficieMesa**”.



**Figura 21.** Forma del rectángulo central

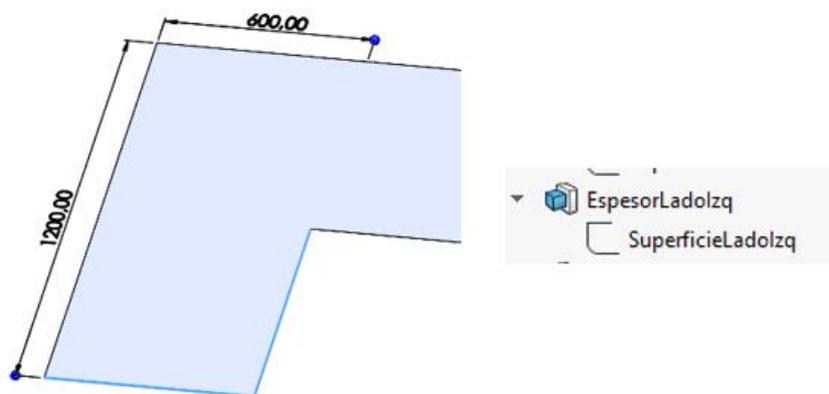
Este rectángulo se ha definido con dos cotas a las cuales se les ha puesto el nombre definido en el punto 3.1: LARGO y ANCHO. Después se ha extruido y se le ha cambiado el nombre a la operación a “**Espesor**”. La operación de extrusión queda definida por una cota como se puede ver en la siguiente imagen.



**Figura 22.** Extrusión del rectángulo central

#### 4.2 Extrusión del rectángulo izquierdo

En segundo lugar, se ha modelado el rectángulo izquierdo. Para ello se ha dibujado un segundo rectángulo partiendo de la esquina superior izquierda en la superficie generada por el primer rectángulo. A este croquis se le ha dado el nombre de “**SuperficieLadolzq**” y está definido por los parámetros definidos en el punto 3.1: LARGO IZQUIERDO y ANCHO IZQUIERDO. Este croquis se ha extruido, desde la superficie superior del rectángulo principal hasta la superficie de abajo, por tanto, si cambia el ESPESOR del rectángulo principal, la extrusión del izquierdo se ajusta.



**Figura 23.** Extrusión del rectángulo izquierdo

#### 4.3 Extrusión del rectángulo derecho

En tercer lugar, se ha modelado el rectángulo derecho de la misma forma que el izquierdo. Se ha dibujado un rectángulo partiendo esta vez de la esquina superior derecha en la superficie generada por el primer rectángulo. A este croquis se le ha dado el nombre de “**SuperficieLadoDer**” y está definido por los parámetros definidos en el punto 3.1: LARGO DERECHO y ANCHO DERECHO. Este croquis se ha extruido de la misma forma que el anterior, desde la superficie superior del rectángulo principal hasta la

superficie de abajo. De esta forma, al cambia el ESPESOR del rectángulo principal, la extrusión de este se ajusta. La operación se ha renombrado como “EspesorLadoDer”.

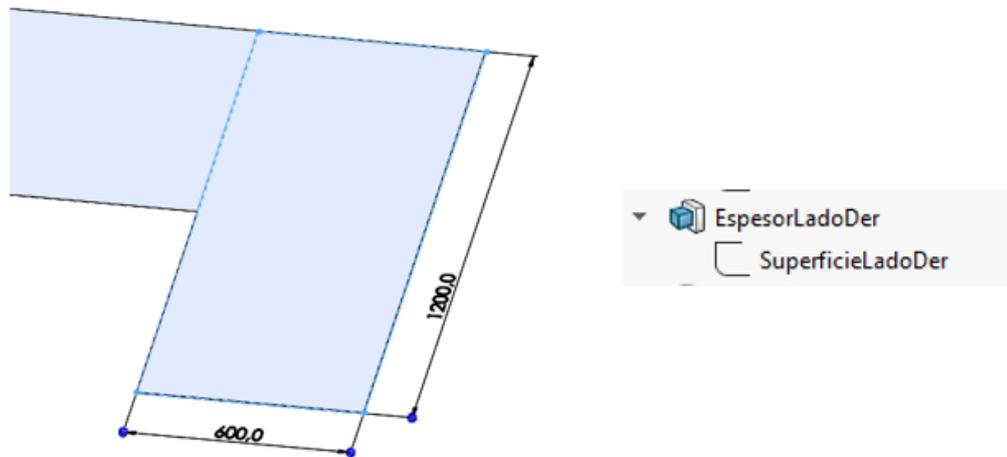


Figura 24. Extrusión del rectángulo derecho

#### 4.4 Redondeos

Los redondeos se han añadido cada uno como una operación diferente. Las operaciones han quedado definidas con su nombre **R#** y a la cota que define cada radio se le ha dado el mismo nombre **R#**. En la siguiente figura se puede ver un ejemplo con R1.

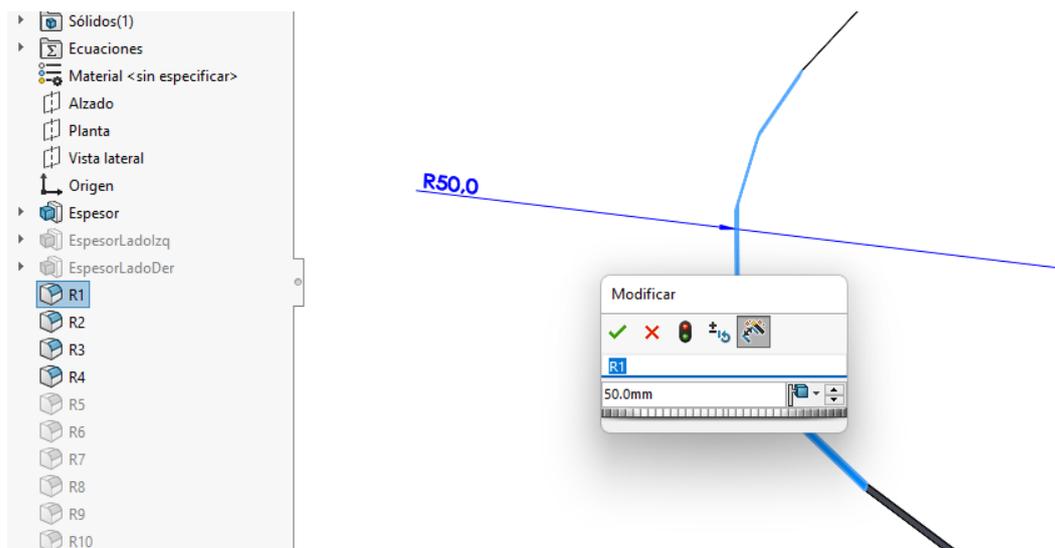


Figura 25. Definición del redondeo R1

#### 4.5 Extrusión del recoge cables

Los recoge cables se han dibujado de forma independiente en diferentes croquis, a los cuales se les ha asignado el nombre de: “**DimensionesRecogeCablesIzq**”, “**DimensionesRecogeCablesDer**” y “**DimensionesRecogeCablesT**”.

Los perfiles se han definido con cotas a las cuales se les ha puesto los nombres definidos en el apartado 3.3. Cada croquis se ha extruido en dos direcciones de forma que llegue hasta el final del modelo. Las operaciones se han renombrado con los nombres: “**RecogeCablesIzq**”, “**RecogeCablesDer**” y “**RecogeCablesT**”.

En la siguiente figura se ve el modelo con los recoge cables derecho e izquierdo activos.

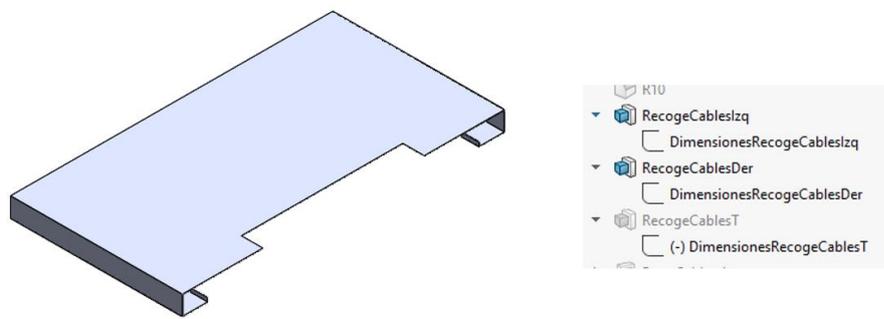


Figura 26. Recoge cables derecho e izquierdo

#### 4.6 Orificios para pasar cables

Los pasa cables se han definido de forma independiente en la superficie principal del modelo. Los croquis tienen el nombre de “Círculo 1” y “Círculo 2”. En cada croquis se ha dibujado un círculo el cual se ha acotado siguiendo lo descrito en el apartado 3.4. A las operaciones de recorte se las ha renombrado como “**Pasa Cables 1**” y “**Pasa Cables 2**”.

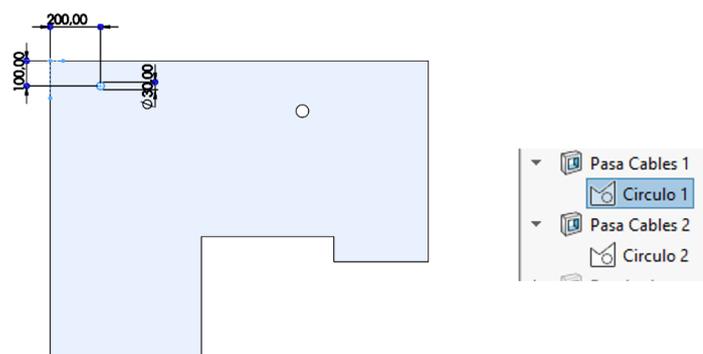
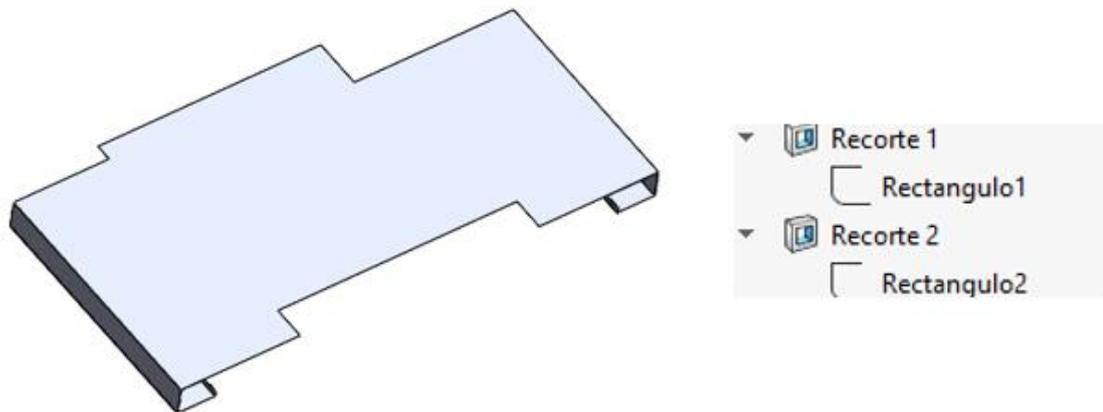


Figura 27. Pasa cables

#### 4.7 Recorte para columnas

Del mismo modo que los orificios para cables, los rectángulos para los recortes para columnas se han realizado en croquis diferentes, a los cuales se les ha dado el nombre de “**Rectángulo 1**” y “**Rectángulo 2**”. Los rectángulos se han definido por los parámetros definidos en el punto 5.3, y a las operaciones se les ha dado el nombre de “**Recorte 1**” y “**Recorte 2**”.



**Figura 28.** Recorte para columnas

#### 4.8 parametrización por medio de tablas de diseño

En este punto del proyecto se cuenta con todo el objeto modelado y con cada uno de los croquis bien acotados y restringidos. Partiendo del modelo, se ha procedido a la creación de una tabla de diseño que contenga toda la información sobre el modelo.

Antes de detallar el proceso seguido para el modelo, se ha explicado en qué consisten las tablas de diseño y su funcionamiento.

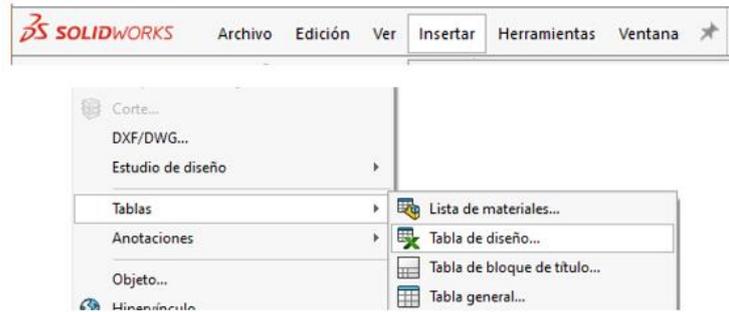
Gran parte de este punto se ha realizado consultado el ya mencionado “El gran libro de SolidWorks®” [2] y una página del blog de SOLIDWORKS LATAM y España que explica como configurar mediante tablas de diseño [3].

#### 4.9 Tablas de diseño

Una tabla de diseño es una hoja de cálculo que permite establece una conexión con cada uno de los parámetros del modelo 3D, de forma que, al cambia los valores de un parámetro en la hoja se cambian en el modelo. Esta tabla se puede crear de forma externa o se puede generar de forma automática desde el

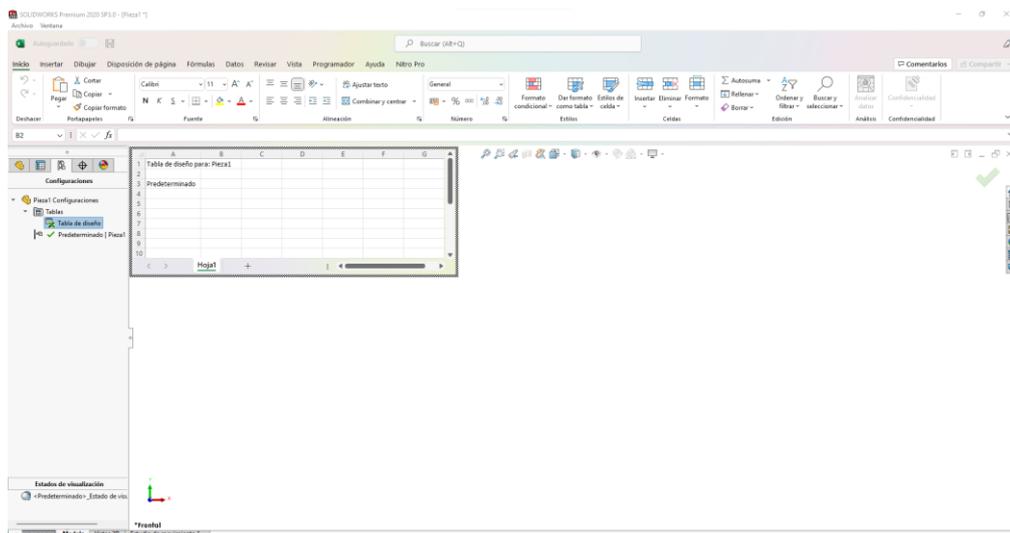
modelo, y se vincula al modelo sobre el que se está trabajando desde: Insertar > Tablas > Tablas de diseño.

En la siguiente figura se muestra como acceder a las tablas de diseño.



**Figura 29.** Acceso a la tabla de diseño

Al generar una tabla de forma automática, la interfaz del programa cambiar y aparece la interfaz de una hoja de cálculo y una tabla flotante en el programa.



**Figura 30.** Creación tabla de diseño

La tabla de diseño debe tener siempre la misma estructura:

- En la celda A1 (marcado en naranja en la imagen 34) el texto: Tabla de diseño para: + Nombre del modelo.
- A partir de A3 (marcado en verde en la imagen 34) la columna A está destinada a los nombres de las distintas configuraciones que se quieren crear. Los nombres no pueden contener ni arrobas (@) ni barras inclinadas (/).
- En la fila 2, a partir de la celda 2B (marcado en azul en la imagen 34) se escribe cada uno de los parámetros que se quieran incluir.

	A	B	C	D	E
1	Tabla de diseño para: Pieza1				
2					
3	Predeterminado				
4					
5					
6					
7					

Figura 31. Formato de una tabla de diseño

Como se ha descrito antes, la fila 2 está destinada a los parámetros. Estos se pueden añadir de forma manual o haciendo doble clic del ratón sobre las cotas.

SolidWorks® asigna un nombre específico a cada cota introducida en un croquis o en la definición de una operación. Este nombre se genera de la siguiente forma:

***Nombre de la cota@Nombre del croquis o Nombre de la cota@Nombre de la operación***

Tras añadir los parámetros deseados a la tabla hay que cerrarla y el programa se actualiza. Si se ha realizado correctamente al abrir otra vez la tabla, debajo de cada parámetro aparece el valor numérico de la cota. Si este se cambia desde la tabla, al cerrarla, el modelo se actualiza modificando el valor de dicha cota.

Para abrir la tabla, se puede acceder desde ConfigurationManager. Dentro de este menú aparece una carpeta con el nombre Tablas. Al desplegar la carpeta se puede acceder a la Tabla de diseño. Al darle al botón derecho sobre la tabla se despliegan distintas opciones, entre las que se encuentra abrir o abrir en una venta abierta.

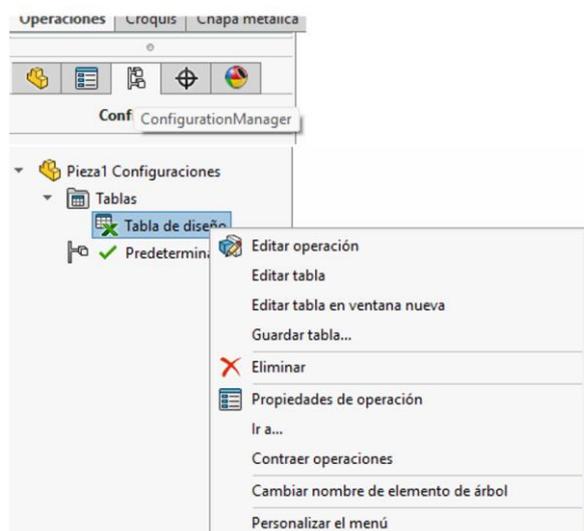


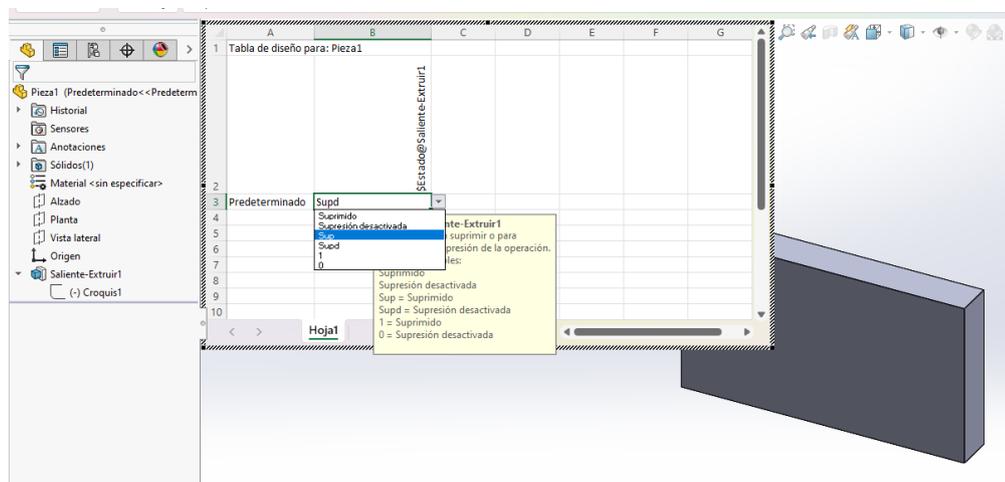
Figura 32. Abrir la tabla de diseño

Una vez definido un parámetro, se pueden crear distintas opciones escribiendo en la columna A el nombre que se le quiera dar. Se le da un valor al parámetro y al cerrar la tabla, se actualiza el modelo. En el menú ConfigurationManager ahora aparecerán tantas configuraciones nuevas como se creen.

Además de dar valores a las cotas, se pueden parametrizar otros parámetros, como el color, la escala, propiedades físicas.... Pero lo que interesa para este proyecto es la supresión de componentes. Al escribir en una celda **\$STATE@Nombre de operación** se puede activar o desactivar una operación. Al cerrar la tabla y volverla a abrir, en las celdas inferiores de este parámetro, en las que haya definido un modelo, se ha generado un desplegable con las opciones Suprimido, S, 1, Supresión desactivada, U y 0. Las tres primeras indican lo mismo: que la operación se desactiva en el modelo, y las tres últimas que la operación se activa en el modelo.

En la celda correspondiente al parámetro de activar o desactivar una operación, se puede eliminar la lista desplegable y poner de forma manual un 1 o un 0 y funcionaria del mismo modo.

En la siguiente figura se puede ver la tabla de diseño con el parámetro activar o desactivar una operación ya creada y funcionando correctamente.



**Figura 33.** Activar o desactivar operación desde tabla de diseño

#### 4.10 Parametrización del modelo

Con toda la información dada en el apartado anterior se procede a explicar cómo se ha generado la tabla de diseño, paso a paso, para este proyecto.

Antes de comenzar con el modelado de la pieza, nada más crear una pieza nueva en SolidWorks® se ha creado la tabla de diseño. Esta no se ha tocado hasta finalizar el

modelado de todos los elementos. Se han suprimido todas las operaciones salvo la primera, se ha abierto la tabla y se ha empezado a rellenar.

Lo primero ha sido crear 4 configuraciones diferentes, uno para cada una de las formas diferentes. A estas configuraciones se les ha dado el nombre de: RECTA, L IZQUIERDA, L DERECHA y FORMA Cada fila se ha rellenado de un color diferente para que sea más fácil saber que dato se está modificando y para que configuración.

Tabla de diseño para: tfm	
RECTA	
L IZQUIERDA	
L DERECHA	
FORMA U	

Figura 34. 4 modelos diferentes

A continuación, se han añadido los tres parámetros que configuran el rectángulo principal haciendo doble clic sobre cada una de las cotas. En la siguiente figura se pueden ver los tres parámetros añadidos y se han añadido distintos valores a cada parámetro y modelo.

Tabla de diseño para: tfm			
	LARGO@SuperficieMesa	ANCHO@SuperficieMesa	ESPESOR@Espesor
RECTA	2000	800	2
L IZQUIERDA	1900	600	2,5
L DERECHA	1800	600	2
FORMA U	1500	700	2,5

Figura 35. Primeros parámetros

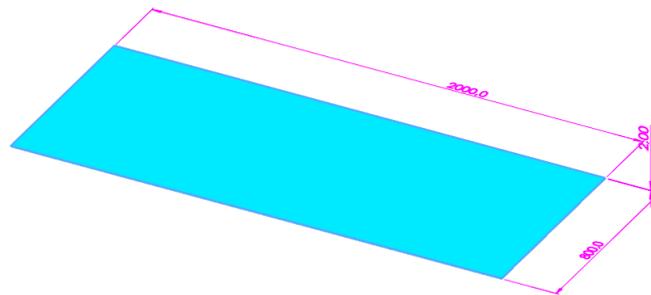
Se ha cerrado la tabla y de forma automática se han generado las nuevas configuraciones, las cuales se pueden seleccionar en el menú ConfigurationManager. Por defecto, se ha quedado guardada una configuración con el nombre

“predeterminado”, se ha eliminado, y la pieza ha quedado con 4 configuraciones diferentes.



**Figura 36.** Configuraciones del modelo

Haciendo doble clic sobre las distintas configuraciones, el modelo 3D cambia ajustándose a los valores escritos en la tabla. Tras esto, las cotas en el modelo se bloquean y se le cambia el color a rosa. Estas cotas ahora solo se pueden cambiar desde la tabla. En la siguiente figura se puede ver cómo está definida la primera operación con las cotas en color rosa para la primera configuración (RECTA).



**Figura 37.** Primera operación parametrizada

A continuación, se ha vuelto a abrir la tabla de diseño y se han añadido los siguientes parámetros: el estado, el largo y el ancho del lado izquierdo, y lo mismo del lado derecho.

\$Estado@EspesorLadoIzq
ANCHO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq
LARGO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq
\$Estado@EspesorLadoDer
ANCHO DERECHO@SuperficieLadoDer
LARGO DERECHO@SuperficieLadoDer

**Figura 38.** Parámetros de los rectángulos laterales

Al cerrar el modelo se actualiza, pero el modelo se queda igual que antes. A continuación, se ha procedido a la configuración de estas operaciones. Al hacer clic derecho sobre una operación, dentro de las opciones que se despliegan, está la de *Configurar operaciones*. Para este punto se ha consultado la ayuda de SolidWorks® sobre como modificar configuraciones [3].

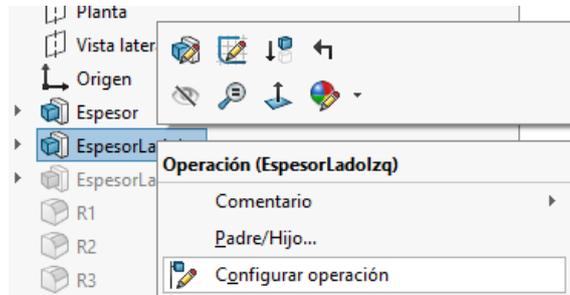


Figura 39. Configurar operación

Tras seleccionar esta pestaña, se abre la venta: *Modificar configuración*. En esta ventana aparece una tabla con los nombres de las configuraciones creadas en la primera columna, y en la segunda columna, unos recuadros que se pueden activar o desactivar.

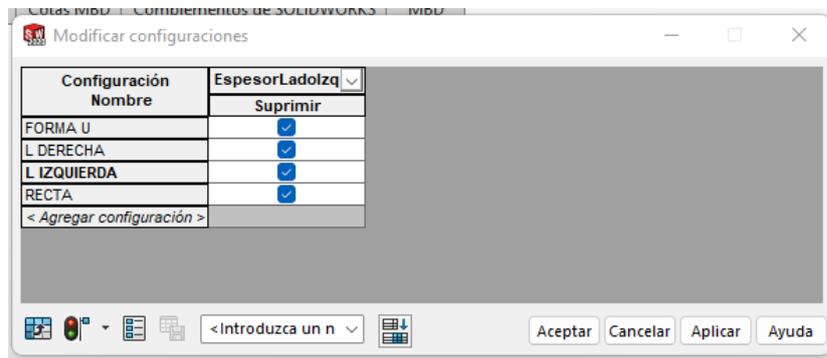


Figura 40. Modificar configuración

Que los recuadros de la segunda columna estén marcados, significa que, para su correspondiente configuración, esta operación está desactivada. Por tanto, se han desactivado los recuadros necesarios para que, en el lado izquierdo, este activo en las configuraciones L IZQUIERDA y FORMA U, y para que el lado derecho, este activo en las configuraciones L DERECHA y FORMA U.

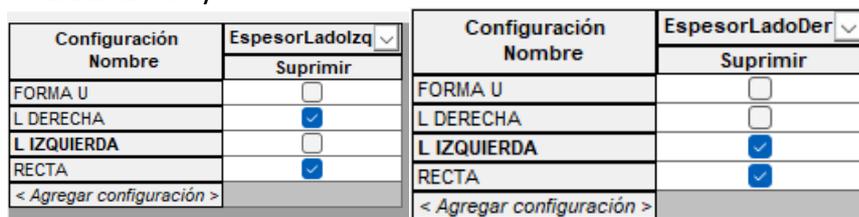


Figura 41. Configuración de la forma

Al abrir otra vez la tabla de diseño, las celdas de los parámetros añadidos anteriormente se han rellenado solos. En el estado, se puede ver un 1 o un 0 según si la operación está activa para su configuración, los datos de ancho y largo se han actualizado. A cada una de las configuraciones se le ha dado un valor diferente y se han rellenado de gris oscuro las celdas que en la tabla de diseño no hay que modificar en ningún caso.

Por ejemplo, para la configuración de la mesa recta, en las celdas que activan o desactivan las operaciones de los laterales derecho e izquierdo hay un 1, por tanto, se han rellenado junto a las celdas que les dan las medidas a estas operaciones. En estas celdas siempre tiene que haber un valor mayor que uno, ya que, si no hay un valor numérico, el programa identifica que esa cota es 0, y no puede crear la operación, en este caso, de extruir, por lo que, al cerrar la tabla, da un error, aunque la operación no este activa para esa configuración.

En la siguiente figura se puede ver toda la tabla de diseño rellenada hasta este punto. Con esto, la forma del tablero ya está parametrizada.

Tabla de diseño para: tfm									
	LARGO@SuperficieMesa	ANCHO@SuperficieMesa	ESPEJOR@Espesor	Estado@EspesorLadoIzq	ANCHO IZQUIERDO@Superficie	LARGO IZQUIERDO@Superficie	Estado@EspesorLadoDer	ANCHO DERECHO@Superficie	LARGO DERECHO@Superficie
RECTA	2000	800	2	1	375	800	1	600	1200
L IZQUIERDA	1900	600	2,5	0	600	1200	1	600	1200
L DERECHA	1800	600	2	1	5	800	0	600	1200
FORMA U	1500	700	2,5	0	375	800	0	375	800

Figura 42. Tabla de diseño: Parametrización de la forma

A continuación, siguiendo los mismos pasos, se han añadido los parámetros de estado y valor del radio para cada uno de los redondeos. Al cerrar y abrir la tabla otra vez, los valores de esos parámetros se han rellenado automáticamente. Los redondeos que no van a estar presentes en la configuración se han rellenado en gris oscuro, y para los redondeos que pueden o no estar presentes en la configuración, se ha rellenado la celda de estado en gris claro. En la siguiente figura se ve la tabla de diseño con todos los redondeos añadidos y todos desactivados. Para activar los redondeos, basta con cambiar los 1 por 0 en las celdas correspondientes.

\$Estado@R1	R1@R1	\$Estado@R2	R2@R2	\$Estado@R3	R3@R3	\$Estado@R4	R4@R4	\$Estado@R5	R5@R5	\$Estado@R6	R6@R6	\$Estado@R7	R7@R7	\$Estado@R8	R8@R8	\$Estado@R9	R9@R9	\$Estado@R10	R10@R10
1	0,5	1	80	1	40	1	60	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10
1	0,5	1	0,5	1	10	1	1	1	0,5	1	20	1	400	1	10	1	10	1	10
1	50	1	50	1	50	1	10	1	10	1	10	1	10	1	50	1	50	1	50
1	0,5	1	3	1	10	1	10	1	3	1	3	1	200	1	200	1	3	1	3

Figura 43. Tabla de diseño: Parametrización de los redondeos

Para los dos recortes para esquinas y los dos orificios para pasar los cables se ha procedido de la misma forma. Primero se ha añadido el parámetro que activa o desactiva la operación y después los parámetros que controlan su posición y dimensión. Se ha cerrado y vuelto a abrir la tabla y los valores de esta se han actualizado. En la siguiente figura se pueden ver los parámetros que controlan estas 4 operaciones.

\$Estado@Recorte 1	1. DISTANCIA X@Rectangulo1	1. DISTANCIA Z@Rectangulo1	1. LADO X@Rectangulo1	1. LADO Z@Rectangulo1	\$Estado@Recorte 2	2. DISTANCIA X@Rectangulo2	2. DISTANCIA Z@Rectangulo2	2. LADO X@Rectangulo2	2. LADO Z@Rectangulo2	\$Estado@Pasa Cables 1	1.POSICION X@Circulo 1	1.POSICION Z@Circulo 1	1.DIAMETRO@Circulo 1	\$Estado@Pasa Cables 2	2.POSICION X@Circulo 2	2.POSICION Z@Circulo 2	2. DIAMETRO@Circulo 2
1	0	0	150	200	1	1750	0	250	150	1	250	200	100	1	1500	300	250
1	0	0	200	150	1	1650	0	250	150	1	300	200	150	1	0	0	250
1	0	0	1	1	1	1500	0	300	50	1	0	0	250	1	500	300	200
1	1000	0	500	150	1	0	0	300	50	1	0	0	250	1	0	0	250

Figura 44. Tabla de diseño: Parametrización de los recortes de esquinas y orificios pasa cables

Para terminar la tabla de diseño, se han añadido las operaciones de los recoge cables. Estos están definidos por 3 cotas de dimensiones y tres cotas de espesor. Las celdas donde se define el espesor se han rellenado de gris oscuro, ya que estos valores no se deben cambiar, y deben coincidir con el valor del espesor de toda la pieza. En la siguiente figura se puede ver la tabla de diseño con los parámetros de los recoge cables.

\$Estado@RecogeCablesIzq	ESPEJOR 1@DimensionesRecogeCablesIzq	ESPEJOR 2@DimensionesRecogeCablesIzq	ESPEJOR 3@DimensionesRecogeCablesIzq	ALTURA 1 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq	PROFUNDIDAD IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq	ALTURA 2 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq	\$Estado@RecogeCablesDer	ESPEJOR 1@DimensionesRecogeCablesDer	ESPEJOR 2@DimensionesRecogeCablesDer	ESPEJOR 3@DimensionesRecogeCablesDer	ALTURA 1 DER@DimensionesRecogeCablesDer	PROFUNDIDAD DER@DimensionesRecogeCablesDer	ALTURA 2 DER@DimensionesRecogeCablesDer	\$Estado@RecogeCablesT	ESPEJOR 1@DimensionesRecogeCablesT	ESPEJOR 2@DimensionesRecogeCablesT	ESPEJOR 3@DimensionesRecogeCablesT	ALTURA 1 T@DimensionesRecogeCablesT	PROFUNDIDAD T@DimensionesRecogeCablesT	ALTURA 2 T@DimensionesRecogeCablesT
1	2	2	2	80	100	30	1	2	2	2	80	100	30	1	2	2	2	80	100	30
1	2,5	2,5	2,5	90	120	20	1	2,5	2,5	2,5	90	120	20	1	2,5	2,5	2,5	90	120	20
1	2	2	2	90	120	20	1	2	2	2	90	120	20	1	2	2	2	90	120	20
1	2,5	2,5	2,5	90	120	20	1	2,5	2,5	2,5	90	120	20	1	2,5	2,5	2,5	90	120	20

Figura 45. Tabla de diseño: Parametrización recoge cables

Tras rellenar toda la tabla de diseño, se cuenta con un modelo completamente modificable a través de la hoja de cálculo. La lista de parámetros y la tabla de diseño completa se pueden ver con más detalle en ANEXOS.

## 5. Introducción de datos

El problema de esta tabla de diseño es que, a pesar de tener bien nombrado cada parámetro, a un usuario que no ha realizado el modelado, le costará entender que es cada parámetro y que tiene que hacer con la tabla. Para ello, lo más adecuado es crear un sistema aparte que permita introducir los datos de forma sencilla, y que la tabla de datos lea los datos de ese sistema de recogida de datos.

Por esto, a pesar de haber muchas opciones válidas, se ha decidido crear un entorno más cómodo para el usuario a través de otra hoja de cálculo y relacionarla con la tabla de diseño, de modo que, al modificar un valor en la hoja de cálculo, se modifique el correcto en la tabla de diseño.

### 5.1 Creación de la interfaz

Lo primero ha sido crear un fichero Excel, al cual se le ha dado el nombre de “FicahMueblesParametrico”. Dentro de este Excel se han creado 4 hojas, una para cada una de las posiciones, y una quinta para generar listas de datos (esto se explica más

adelante). Los nombres de las hojas son: **RECTA**, **L.IZQUIERDA**, **L.DERECHA**, **FORMA.U** y **DATOS**. En cada hoja se han escrito los parámetros que se van a modificar y a su lado se ha dejado un espacio para el valor que se le quiere dar a ese parámetro. Tras finalizar toda la interfaz, se relacionará este Excel con la tabla de diseño.

Primero se han escrito los parámetros que regulan la forma del tablero. Para la forma recta, los parámetros son: largo, ancho y espesor.

1. FORMA	
Largo	2000
Ancho	800
Espesor	2

Figura 46. Parámetros de forma - Recta

En las hojas del lado izquierdo y derecho, se han añadido dos espacios para indicar el ancho y largo del segundo rectángulo.

1. FORMA			
Largo	1900	LADO IZQUIERDO	
Ancho	600	Ancho	600
Espesor	2,5	Largo	1200

1. FORMA			
Largo	1800	LADO DERECHO	
Ancho	600	Ancho	600
Espesor	2	Largo	1200

Figura 47. Parámetros de forma – Forma en L

Para la forma en U, se ha asignado un espacio para los datos del rectángulo central y para los dos rectángulos laterales.

1. FORMA					
Largo	1500	LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO	
Ancho	700	Ancho	375	Ancho	375
Espesor	2,5	Largo	800	Largo	800

Figura 48. Parámetros de forma – Forma U

A continuación, se han asignado espacios para los radios, pero solo los radios posibles en cada forma. Además, se ha dejado un espacio en blanco donde se ha

generado una lista de SI o NO. En la siguiente figura se muestran los espacios destinados a los radios para cada forma.

2. RADIOS	
R1	
R2	
R3	
R4	

2. RADIOS	
R1	
R2	
R4	
R5	
R6	
R7	

2. RADIOS	
R1	
R2	
R3	
R8	
R9	
R10	

2. RADIOS	
R1	
R2	
R5	
R6	
R7	
R8	
R9	
R10	

Figura 49. Parámetros para definir los redondeos

La lista de SI – NO que se ha colocado en los espacios en blanco se ha generado mediante validación de datos. A este menú se accede desde Datos > Herramientas de datos > Validación de datos. La ventana que se despliega permite, entre otras cosas, crear listas desplegables. En un espacio de la ventana se deben escribir los elementos, separados por un punto y coma (;), que va a contener la lista. En este caso: Si;NO.

Con esta lista se pretende controlar que en la celda correspondiente a cada radio y a cada forma de la tabla de diseño cambien de forma automática. Como el parámetro que controla el estado de las operaciones no admite Si y No como opción, el SI y el No se han traducido a 0 y 1 respectivamente. Para esto, al lado de cada lista se ha escrito la siguiente función = **SI(Nombre de la celda = SI; 0; 1)**. Esta función establece que, si en la celda seleccionada está escrita la palabra SI, en la celda donde está escrita la función se va a escribir un 0, y si hay escrita cualquier cosa que no sea SI, en la celda aparece un 1.

1. FORMA	
Largo	2000
Ancho	800
Espesor	2

2. RADIOS		
R1	NO	1
R2	SI	0

Figura 50. SI=0, NO=1

En las celdas donde se convierte el Si y No en 0 y 1, se ha asignado el color blanco al texto. De este modo el usuario que utilice este Excel no verá valores sueltos por la tabla, solo activara o desactivara la operación de los radios.

Para modificar la forma de los redondeos, se ha generado una lista con los radios posibles. Para eso, en una columna de la hoja que se ha creado para datos, se han escrito valores del 5 al 500 cada 5 valores (5, 10, 15...). Para crear la lista, se ha seleccionado la celda donde se quiere colocar y en la ventana de Validación de datos, en vez de escribir los valores como en el caso anterior, se han seleccionado todas las celdas que se quieren incluir. En la siguiente figura se puede ver la lista desplegada. Al generar una lista, se va a forzar que siempre exista un valor mayor que 0 en esas celdas, aunque el redondeo esté desactivado.

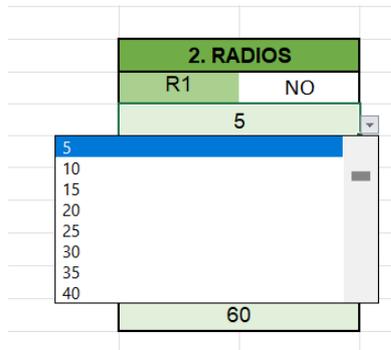


Figura 51. Lista de radios

Para terminar con los radios, se ha añadido formato condicional a las celdas donde está la lista de radios, de forma que, si se desactiva el redondeo, la celda y el texto se vuelva de color gris oscuro. Esto se ha realizado seleccionando la celda y dándole una nueva regla.

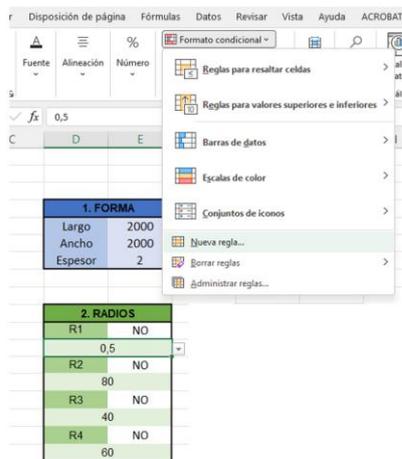


Figura 52. Formato condicional

La regla de formato se ha definido por medio de una fórmula, de modo que, si el texto que hay en la casilla X es igual a "NO", el formato condicional se activa para celda en la que se aplica. En la siguiente figura se muestra la fórmula de la condición, el formato de esta, y como está aplicado en una de las celdas que definen en radio.

The image shows an Excel spreadsheet with a table of radii. The table has columns for radius (R1-R4) and status (NO). A dialog box 'Editar regla de formato' is open, showing the formula '=SES11="NO"' and a preview of the dark gray format. Below it, the 'Administrador de reglas de formato condicionales' shows the rule applied to the range '\$D\$12:\$E\$12'.

2. RADIOS	
R1	NO
R2	NO
	80
R3	NO
	40
R4	NO
	60

Editar regla de formato

Seleccionar un tipo de regla:

- Aplicar formato a todas las celdas según sus valores
- Aplicar formato únicamente a las celdas que contengan
- Aplicar formato únicamente a los valores con rango inferior o superior
- Aplicar formato únicamente a los valores que estén por encima o por debajo del promedio
- Aplicar formato únicamente a los valores únicos o duplicados
- Utilice una fórmula que determine las celdas para aplicar formato.

Editar una descripción de regla:

Dar formato a los valores donde esta fórmula sea verdadera:

=SES11="NO"

Vista previa:  Formato...

Aceptar Cancelar

Administrador de reglas de formato condicionales

Mostrar reglas de formato para: Selección actual

Nueva regla... Editar regla... Eliminar regla Duplicar regla

Regla (aplicada en el orden mostrado)	Formato	Se aplica a	Detener si es verdad
Fórmula: =SES11="NO"	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	=D\$12:E\$12	<input type="checkbox"/>

Figura 53. Condición operación suprimida

Para los rectángulos para las esquinas y círculos para le pasa cables se ha realizado lo mismo (En cada una de las hojas de forma). Una celda para activar o desactivar la operación por medio de una lista de SI / NO, una celda donde se escribe un 0 o un 1 de forma automática según si se activa o no la operación, celdas donde se indica el parámetro a modificar y un formato condicional de forma que en las celdas y el texto donde se escriben los valores que definen la operación se vuelvan gris oscuro. Además, para los diámetros de los orificios para cables, también se ha generado una lista de posibles valores seleccionables. Del mismo modo que para los radios, en la hoja de datos, se ha han escrito valores en una columna. Esta vez del 50 al 500, de 50 en 50 (50, 100, 150, 200...). En la siguiente figura se pueden ver toda la zona destinada a las esquinas y a los orificios pasa cables.

RECTANGULO 1	
Si	
Distancia X	0
Distancia Z	0
Lado X	150
Lado Z	200

ORIFICIO CABLES 1	
Si	
Posición X	250
Posición Y	200
Diámetro	100

RECTANGULO 2	
Si	
Distancia X	1750
Distancia Y	0
Lado X	250
Lado Y	150

ORIFICIO CABLES 2	
Si	
Posición X	1500
Posición Y	300
Diámetro	250

Figura 54. Parámetros Esquinas y pasa cables

Para los recoge cables se ha realizado lo mismo, pero la celda destinada a traducir el sí/no en 0/1 se ha modificado ligeramente de forma que, si alguno de los laterales (o ambos) están activos al mismo tiempo que el trasero, el valor para las tres celdas es de 1, desactivando las tres operaciones. El usuario solo podrá escoger entre recoge cables trasero o lateral. Si escoge lateral, este se puede poner de un lado o de los dos.

Antes de detallar la función que condiciona estas operaciones, en la siguiente figura se pueden ver el espacio destinado a los parámetros del recoge cables izquierdos, derecho y trasero.

	J	K	L	M
1				
2				
3				
4		RECOGE CABLES IZQ.		
5		NO		1
6		Altura	90	
7		Profundidad	120	
8		Altura 2	20	
9				
10		RECOGE CABLES DER.		
11		NO		1
12		Altura	90	
13		Profundidad	120	
14		Altura 2	20	
15				
16		RECOGE CABLES TRAS.		
17		Si		0
18		Altura	90	
19		Profundidad	120	
20		Altura 2	20	
21				

Figura 55. Parámetros Recoge cables

Para lograr esto, las funciones que se han escrito en cada celda son los siguientes:

- Para el recoge cables izquierdo: =SI(O(K5="No";K17="Si");1;0)
- Para el recoge cables derecho: =SI(O(K11="No";K17="Si");1;0)
- Para el recoge cables trasero: =SI(O(K5="Si";K11="si";K17="No");1;0)

Tras esto, se ha terminado de realizar la interfaz para introducir los datos numéricos de forma más clara e intuitiva que modificar uno a uno los datos de la tabla de diseño. Las 5 páginas del Excel utilizado como interfaz se pueden ver Anexos.

## 5.2 Conexión de interfaz con la tabla de diseño

Para finalizar con la preparación del modelo parametrizado por medio de una tabla de diseño, solo falta conectar esta tabla con la interfaz que se ha creado para introducir los datos de forma sencilla. Para realizar esta parte del proyecto se ha consultado la pagina de soporte de Microsoft, que explica como vincular una celda a la celda de otro libro Excel [4].

Siguiendo las indicaciones de la página anterior, se ha utilizado una función que permite introducir en la celda deseada el valor que hay en una celda de otro documento. La fórmula es la siguiente:

= ' Dirección del fichero [Nombre del fichero] Nombre de la hoja ! Celda

Para cada parámetro de la tabla de diseño, se ha introducido esta fórmula, variando el nombre de la hoja y de la celda. Esto se ha hecho tanto en las celdas que introducen un valor numérico como en la activa y desactiva las operaciones. En la siguiente figura se muestra la función para el primer parámetro, la longitud del tablero cuando tiene forma recta.

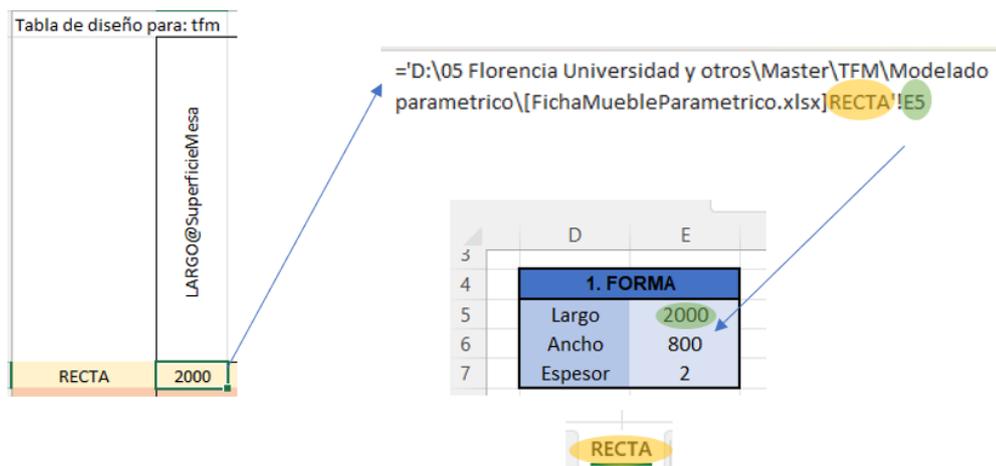


Figura 56. Conexión de la tabla de diseño con la interfaz

Con todas las celdas necesarias vinculadas a la interfaz, ya se puede controlar desde esta el modelo 3D modelado en SolidWorks®. Para hacerlo, se debe tener la pieza abierta con la tabla de diseño abierta y el Excel de la interfaz abierta. Los datos que se modifican en la ficha de introducción de datos cambian en la tabla de diseño. Al cerrar la tabla de diseño, el modelo se actualiza.

Con esto, se podría dar por acabo todo el proceso de parametrización de este proyecto.

## 6. Conclusión

Tras realizar la parametrización del tablero para una mesa se ha comprendido la complejidad de la elaboración de un modelo parametrizado.

La complejidad no reside tanto en la dificultad, ya que, siguiendo los pasos seguidos para este proyecto, se puede obtener de forma sencilla, sino en el tiempo que lleva realizarlo correctamente. A lo que hay que dedicarle más tiempo, en comparación con modelar cada vez de cero un modelo, es tener muy claro, antes de empezar el modelado, cada uno de los parámetros que define el objeto, y como se va a modelar para poder obtener el resultado deseado.

El tiempo que hay que dedicarle a realizar proyectos de este tipo, debe estar bien justificado. Un modelo parametrizado solo es útil si la empresa vende de forma continua el objeto parametrizado y da la libertad al cliente de personalizar las dimensiones de este. A pesar de esto, saber que estas herramientas existen y como emplearlas puede mejorar el rendimiento en ciertas circunstancias.

Como conclusión de esta primera parte de la memoria, es importante comprender que este proyecto no ha sido más que una aproximación a lo que es el diseño parametrizado, lo que va a permitir seguir ampliando conocimientos sobre este campo.

## **MEMORIA PARTE 2:**

### **Preparación para fabricación**

En este punto del proyecto ya se cuenta con un modelo parametrizado en SolidWorks® el cual puede modificarse por medio de la introducción de datos en Excel. En esta segunda parte del proyecto se pone en uso este modelo para generar un producto para un espacio concreto.

Tras esto, se ha preparado para su fabricación mediante plegado de chapa. Para esto se ha empleado el módulo de chapa que tiene SolidWorks®, el cual permite convertir el modelo en chapa metálica, generando los radios de plegado y obtener el desarrollo de la pieza, el cual muestra la forma que hay que cortar en una chapa lisa y las líneas por donde se debe plegar.

Para finalizar con esta segunda parte, se ha empleado una función de SolidWorks® para la generación automática de planos.

## 1. Uso del modelo parametrizado

Para dar uso al modelado parametrizado generado en la primera parte del proyecto, se ha recuperado uno de los espacios planteados en el primer apartado de la memoria y se ha generado un modelo para este espacio.

El espacio es el que se muestra en la primera imagen, pero cabe aclarar que las medidas del espacio no tienen por qué ser perfectas, ni las paredes ser perfectamente perpendiculares, lo que puede dar problemas después al colocar el mueble. Para este proyecto, se va a asumir esto ya se ha tenido en cuenta y las medidas que se muestran son para que el tablero de chapa entre sin complicaciones.

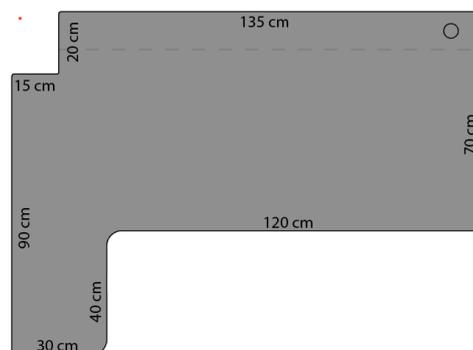


**Figura 57.** Espacio para el mueble

Para este espacio se ha planteado un escritorio en forma de L de chapa metálica de 5 mm con un recoge cables trasero, un orificio para pasar los cables cerca de la esquina trasera derecha y un recorte para adaptarse a la columna existente. Para darle altura a la chapa, a la parte trasera se le van a soldar unas patas regulables de acero.

Las medidas que definen la forma son los siguientes:

- Largo = 150 cm (1500 mm)
- Ancho = 70 cm (700 mm)
- Largo izquierdo = 110 cm (1100 mm)
- Ancho izquierdo = 30 cm (300 mm)



**Figura 58.** Forma del mueble

Las medidas que definen la posición y tamaño del pasacables son:

- Posición X = 125 cm (1250 mm)
- Posición Z = 6.5 cm (65 mm)
- Diámetro = 5 cm (50 mm)

Las medidas del recorte para la columna son (con origen en 0,0):

- Lado X = 15 cm (150 mm)
- Lado Z = 20 cm (200 mm)

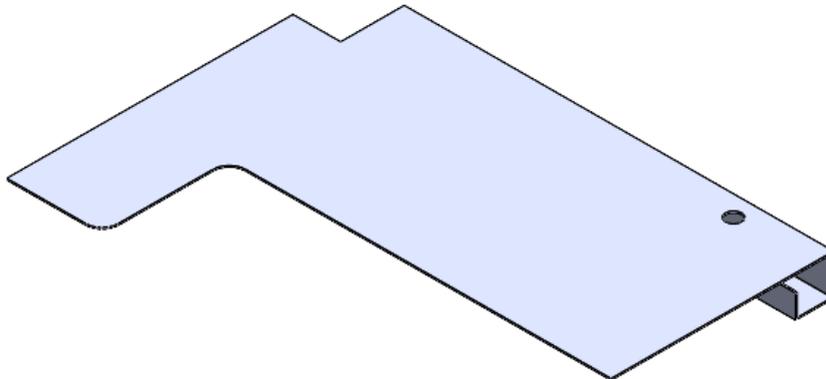
Las medidas que definen el recoge cables son:

- Altura 1: 13 cm (130 mm)
- Profundidad: 12 cm (120 mm)
- Altura 2 = 7.5 cm (75 mm)

Además, se han activado los redondeos 6 y 7 con un radio de 50 mm.

Con todas las medidas definidas, se ha abierto la pieza en SolidWorks® y su tabla de diseño, y el Excel para introducir los datos. En anexos se puede ver tanto la hoja de introducción de datos como toda la tabla de diseño.

En la siguiente figura se puede ver el modelo 3D del producto.



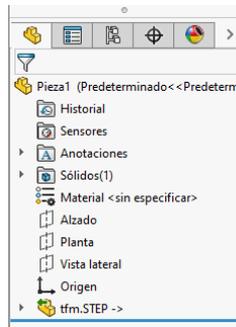
*Figura 59. Modelo 3D del producto*

## 2. Convertir en chapa metálica

Para obtener el desarrollo de la pieza que se va a fabricar por medio de corte de chapa metálica y plegado, se ha hecho uso del módulo de chapa metálica que tiene SolidWorks® y los conocimientos adquiridos durante las prácticas en una empresa de corte y plegado de chapa metálica.

Para ello, se ha guardado la pieza definida en el modelo parametrizable en formato STEP, con el fin de trabajar con la pieza de forma independiente.

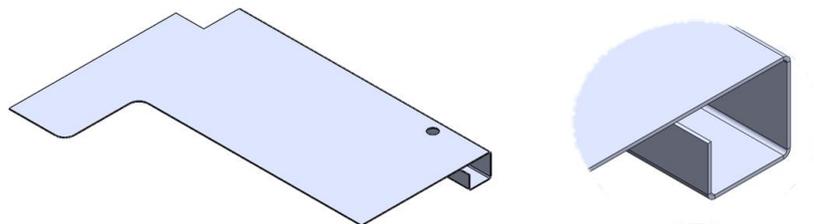
Se ha creado una nueva pieza en SolidWorks® y se ha arrastrado la pieza en formato STEP (la cual se ha guardado con el nombre “tfm”) desde la carpeta donde se ha guardado hasta el espacio 3D del programa.



**Figura 60.** STEP en el gestor de diseño del Feature Manager

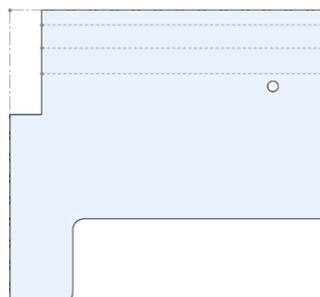
Con la pieza en el programa, desde la interfaz de chapa metálica, se ha seleccionado la operación “Convertir a chapa metálica”. Se despliega una ventana donde hay que definir lo siguiente: una superficie que se va a comportar como cara fija, el espesor de la chapa, el radio para los pliegues, y las aristas que se tienen que plegar.

Para este caso, se ha seleccionado la superficie principal como cara fija, se ha definido un espesor de 5 mm, un radio de 5 mm y se han seleccionado las aristas que definen el recoge cables.



**Figura 61.** Modelo en chapa metálica

Con este paso realizado, el programa reconoce la pieza como una pieza de chapa, la cual se puede desplegar desde la interfaz de chapa metálica.

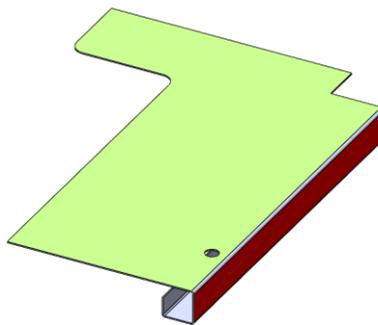


**Figura 62.** Modelo en chapa metálica desplegado

El desarrollo, ya se puede guardar en formato dxf para enviar a la empresa de corte y plegado de chapa. De todos modos, SolidWorks® calcula las líneas de pliegue, pero estas pueden no estar en la posición adecuada para las máquinas donde se van a plegar, ya que el programa no tiene en cuenta la deformación que sufre el material al realizar el plegado. Para calcular correctamente la posición de las líneas de plegado, para pliegues a 90º, la empresa donde se han realizado las prácticas hace lo siguiente:

Calcula cuanto debe medir cada uno de los fragmentos que se van a plegar antes de plegar. Es decir, si la chapa una vez plegada debe medir X, cuanto tiene que medir esa chapa desplegada para que, al deformarse el material, se consiga esa medida X.

Para calcular esto, se tiene en cuenta el espesor de la chapa y si la cara de la que se va a calcular la dimensión tiene uno o dos plegados. En la siguiente figura se ve el modelo con una cara pintada en verde y otra en rojo. La cara en verde muestra la situación de una cara con un plegado, y la cara roja muestra la situación de una cara con dos plegados.



**Figura 63.** Superficie con 1 o 2 plegados

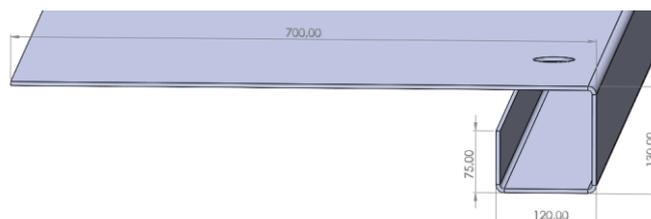
Para el primer caso, la fórmula que se emplea es:

*Dimensión que debe tener ese lado – espesor de la chapa + 10% del espesor.*

Y para el segundo caso, la fórmula es:

*Dimensión que debe tener ese lado – 2x(espesor de la chapa) + 2x (10% del espesor).*

En el modelo con el que se está trabajando, en la siguiente figura se muestran las dimensiones con las que trabajar en el cálculo de las líneas de plegado.



**Figura 64.** Dimensiones para el cálculo de líneas de plegado

Comenzando por la superficie principal, se ha calculado cuanto mide cada superficie y, por tanto, la posición.

- $700 - 5 + 0.5 = 695.5 \text{ mm}$
- $130 - 2x(5) + 2x(0.5) = 121 \text{ mm}$
- $120 - 2x(5) + 2x(0.5) = 111 \text{ mm}$
- $75 - 5 + 0.5 = 70.5 \text{ mm}$

En la empresa, antes de convertir el DXF en el formato que lee la máquina de corte láser, se asegura de que cada superficie mida lo obtenido, y si no es así, se corrige utilizando AutoCAD®.

Con esto, se da por finalizada la preparación del modelo para su fabricación. El trabajo siguiente es la programación de la máquina de corte y de la máquina de plegado, pero en este proyecto no se va a abarcar este campo.

### 3. Creación de planos

Una vez el cliente ha definido el producto que quiere, es importante plasmarlo en un plano, tanto para que quede constancia de que lo que hay en el plano es lo que pide el cliente, como para asegurarse de que el producto fabricado cumple con las especificaciones del plano.

Para la generación de estos, se ha utilizado una herramienta de SolidWorks®, el Programador de tareas, para generarlos de forma automática. Esta herramienta es una aplicación externa al software de diseño. Esta herramienta permite, entre otras cosas, programar la creación automática de planos (lo que SolidWorks® llama dibujos).

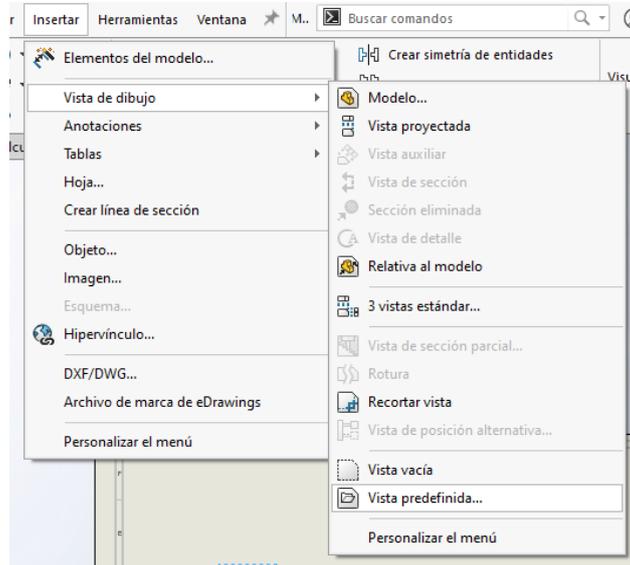
Para llevar a cabo esta parte, se ha consultado una página del blog de SolidWorks® LATAM y España, donde explica como automatizar planos [6].

Tras consultar como utilizar la aplicación, lo primero ha sido crear una plantilla sobre la cual se van a generar los planos. Esta plantilla cuenta con el cajetín adecuado para el trabajo final de máster, junto a 3 ventanas de vistas: el alzado, la planta y una vista en 3D.

NOMBRE DEL PROYECTO <b>TFM</b>		UNIDADES <b>mm</b>		 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> <small>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</small>		
IDENTIFICACIÓN <b>Florencia Molina</b>		NOMBRE DEL PLANO <b>Modelo 1</b>		FORMATO <b>A3</b>	ESCALA <b>1:2</b>	Nº PLANO <b>1/1</b>
4		3		2		1

Figura 65. Cajetín

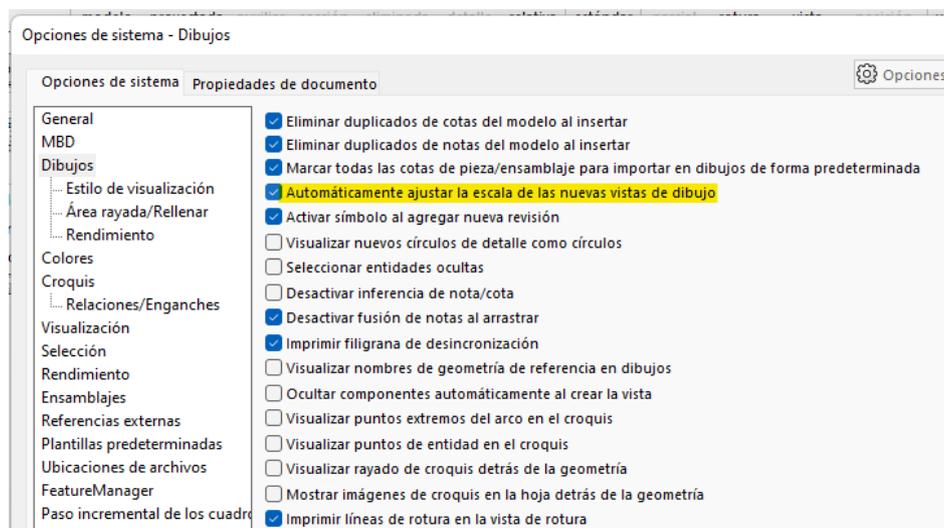
Para las ventanas de las vistas se han insertado vistas de dibujo predefinidas.



**Figura 66.** Vista predefinida

Para las ventanas de las vistas se han insertado vistas de dibujo predefinidas. Primero se ha insertado la que va a contener el alzado y de esa ventana, se ha sacado una vista proyectada para obtener la planta. La tercera ventana es un dibujo donde aparece la vista 3D del modelo.

Para que el modelo se escale automáticamente en función del tamaño del plano, en opciones del sistema, en las opciones de dibujo, se ha activado la opción “Automáticamente ajustar la escala de las nuevas vistas de dibujo”.



**Figura 67.** Automatizar escala

Tras esto, se ha guardado el dibujo como plantilla (.DRWDOT) con el nombre de “Modelo Parametrizado” en la carpeta en la que el software las busca para generar un nuevo dibujo.

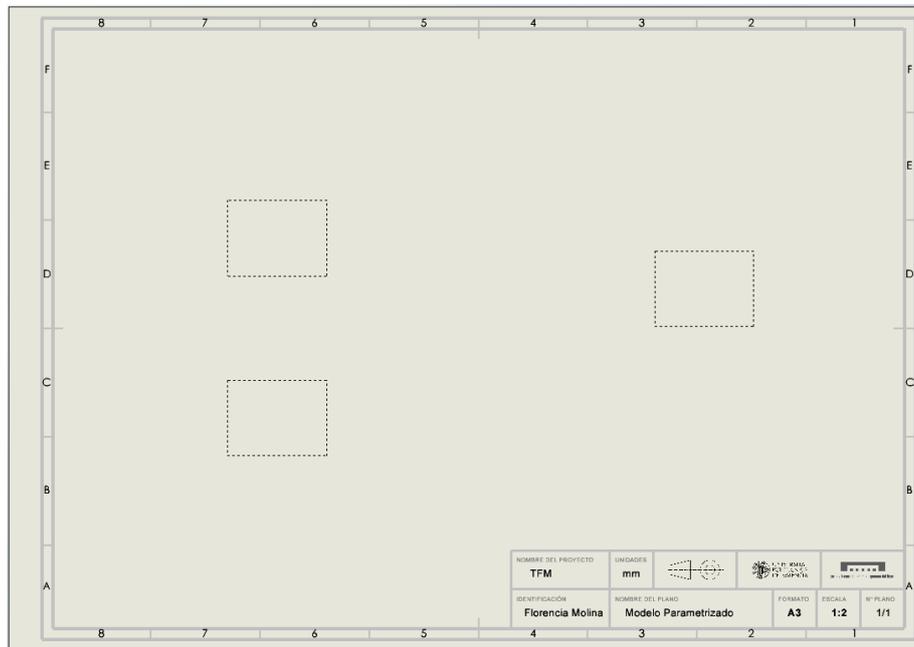


Figura 68. Plantilla

Una vez creada la plantilla, se ha abierto el programador de tareas de SolidWorks®. En el programador de tareas, como se ha comentado antes, se pueden automatizar diferentes tareas. Para la generación de plano se va a automatizar la creación de dibujos.

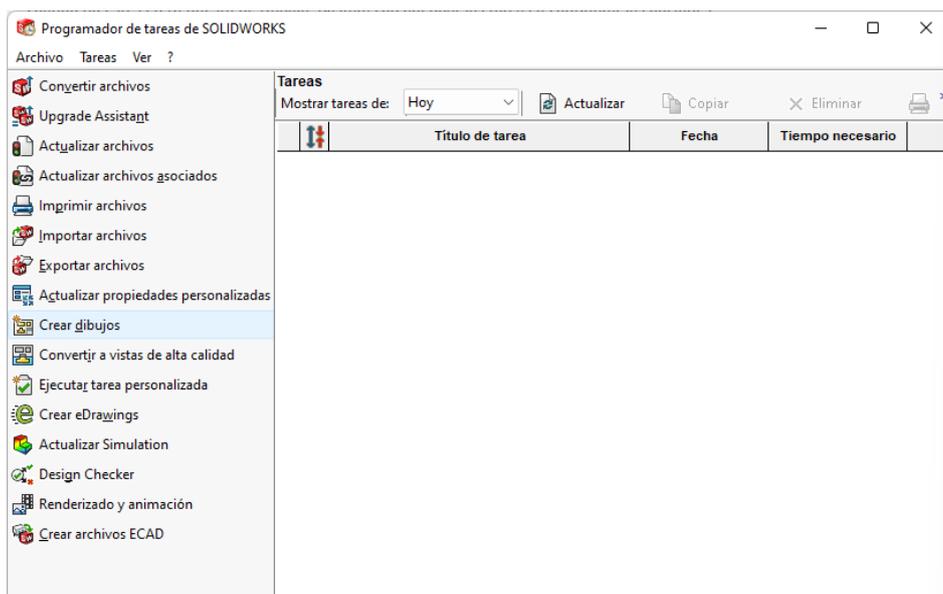


Figura 69. Programador de tareas – Crear dibujos

Al hacer clic sobre crear dibujos se abre una ventana con distintos apartados a rellenar. La ventana es la que se muestra en la siguiente figura.

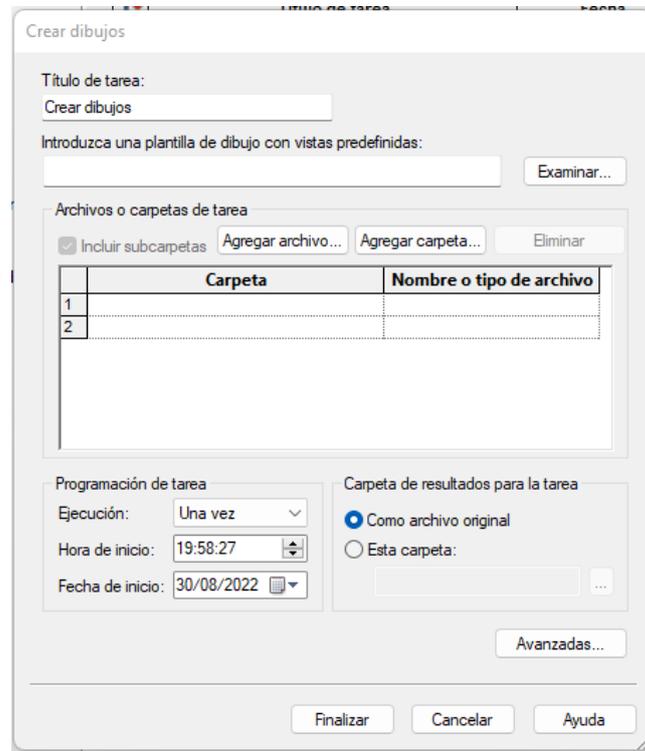


Figura 70. Crear dibujos

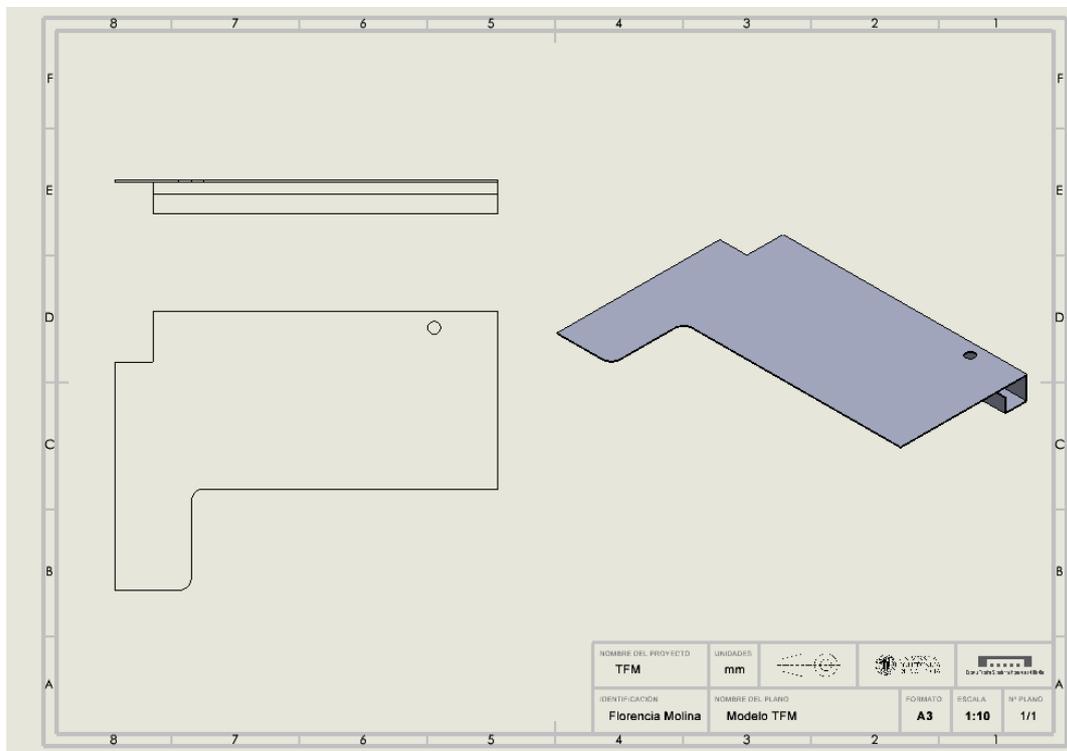
Primero se le ha dado un nombre a la tarea. Después se ha introducido la plantilla que se ha creado con vistas predefinidas. Tras esto se podían hacer dos cosas, o bien agregar archivos concretos a los que crear dibujo (planos), o agregar una carpeta, de forma tal que, de todos los archivos que hay en dicha carpeta, se generen dibujos. Lo más práctico para una empresa que genera planos de forma seguida, lo más práctico en hacerlo con el segundo método. Después se ha programado la tarea indicando cuando se va a ejecutar, la hora y la fecha. Y, por último, se ha seleccionado la carpeta donde se van a guardar los dibujos generados.

Al finalizar la programación de la tarea, aparece en la ventana principal de la aplicación datos sobre la tarea. Estas propiedades se ven en la siguiente figura.

	Título de tarea	Fecha	Tiempo necesario	Estado	Nombre de computadora	Progreso
1	Crear dibujos	30/08/2022	22:08:00	Programado		

Figura 71. Lista de tareas programadas

En el momento en que se ha especificado y sin necesidad de tener el programa, se ha generado el archivo de dibujo .SLDDRW con el mismo nombre que el modelo. El dibujo generado se puede ver en la siguiente figura.



**Figura 72.** Dibujo generado

El cajetín se ha rellenado con el nombre que se le había dado al modelo y se ha ajustado la escala de forma automática. Las vistas aparecen en el lugar indicado con las ventanas. A partir de este archivo se ha completado el plano con cotas, vistas auxiliares y la información que ha sido necesaria. En ANEXOS se puede ver el plano del modelo finalizado.

# **VALORACIÓN ECONÓMICA**

En este último apartado del trabajo final de máster, se ha calculado el coste de realizar este proyecto. Para ello se ha dividido el gasto en: mano de obra, recursos materiales, recursos informáticos y el coste de electricidad.

## Mano de obra

La mano de obra se ha calculado en función del salario de un ingeniero junior promedio en España, el cual es de 12,31€ según la página de búsqueda de empleo Talent [7], y por las horas trabajadas, las cuales corresponden a 12 créditos, donde cada crédito equivale a 25 horas. Por tanto, al proyecto se le han dedicado 300 horas, lo que equivale a **3.693€**.

## Recursos materiales

El recurso material utilizado para la elaboración del proyecto ha sido un ordenador portátil, el cual se ha utilizado el 100% del tiempo. Teniendo en cuenta el precio de compra de este (900 €) y que la vida útil ronda los 4 años (35040 horas) se ha calculado el coste por hora del portátil para amortizar la compra.

$$900 \text{ €} / 35040 \text{ horas} \approx 0,025 \rightarrow 0,03 \text{ €/hora}$$

Por tanto, como el portátil se ha utilizado 300 horas, el coste de recursos materiales ha sido de **9 €**.

## Recursos informáticos

Los recursos materiales utilizados para la elaboración del proyecto son SolidWorks® 2020 y Office 365. Para utilizar estos programas se requiere una licencia cuyos precios básicos a fecha de la realización de este proyecto son: 947 € (trimestral: 2190 horas) para el programa de modelado [8] y 8,80 € (mensual: 730 horas) para Office 365 [9].

A partir de esos costes, se ha calculado el precio por hora para amortizar los programas:

- SolidWorks® 2020  $\rightarrow 947 \text{ €} / 2190 \text{ horas} \approx 0,4324 \rightarrow 0,44 \text{ €/hora}$
- Office 365  $\rightarrow 8,80 \text{ €} / 730 \text{ horas} \approx 0,0120 \rightarrow 0,02 \text{ €/hora}$

Con estos gastos y teniendo en cuenta que se le han dedicado aproximadamente 200 horas al primer programa y 100 al segundo, el coste de recursos informáticos ha sido de  $88 \text{ €} + 2 \text{ €} = \mathbf{90 \text{ €}}$ .

## Electricidad

Otro gasto que sumar al proyecto es la electricidad. Teniendo en cuenta que el portátil tiene un consumo aproximado de 0,25 kW y el precio de la electricidad es de

aproximadamente 0,6 € el kW/h, el gasto de electricidad ha sido de  $0,25 \text{ kW} \cdot 0,6 \text{ €} \cdot 300 \text{ horas} = 45 \text{ €}$ .

### Resumen de gastos

Teniendo en cuenta todos los gastos calculados en los apartados anteriores, se ha calculado el coste total del proyecto.

- Coste de mano de obra → 3.693 €
- Coste de recursos materiales → 9 €
- Coste de recursos informáticos → 90 €
- Coste de electricidad → 45 €

**COSTE TOTAL DEL PROYECTO → 3.837 € + IVA**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lekuona Amundarain, A., Domínguez Somonte, M., & Espinosa Escudero, Ma del Mar. (2021, julio). El diseño paramétrico como herramienta creativa en diseño de producto: Parametric design as a creative tool in product design. *Técnica Industrial*, 329, 32-40.  
<https://doi.org/10.23800/10507>
- [2] Sergio Gómez González. (2019). CAPÍTULO 6. Tabla de diseño. En *El gran libro de SOLIDWORKS®* (pp.325-346). España: Marcombo.
- [3] Modificar configuraciones - 2020 - Ayuda de SOLIDWORKS. (s. f.). Recuperado 8 de septiembre de 2022, de [https://help.solidworks.com/2020/spanish/SolidWorks/sldworks/c\\_ModifyCfg\\_Modify\\_Configurations.htm](https://help.solidworks.com/2020/spanish/SolidWorks/sldworks/c_ModifyCfg_Modify_Configurations.htm)
- [4] CAD AVSHMEIP. (2019). Configuraciones mediante tablas de diseño «SolidWorks CAD». 2022, julio 20, de SOLIDWORKS LATAM y España. Sitio web: <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/tablas-de-diseno-solidworks-cad/>
- [5] Microsoft. (s. f.). Crear una referencia externa (vínculo) a un rango de celdas en otro libro. Recuperado 15 de agosto de 2022, de <https://support.microsoft.com/es-es/office/crear-una-referencia-externa-v%C3%ADnculo-a-un-rango-de-celdas-en-otro-libro-c98d1803-dd75-4668-ac6a-d7cca2a9b95f>
- [6] ORIGEN. (2019). ¿Cómo automatizar los planos con SOLIDWORKS?. 2022, agosto 15, de SOLIDWORKS LATAM y España. Sitio web: <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/como-automatizar-los-planos-con-solidworks/>
- [7] Salario para Ingeniero Junior en España - Salario Medio. (s. f.). Talent.com. Recuperado 8 de septiembre de 2022, de <https://es.talent.com/salary?job=Ingeniero+junior#:~:text=El%20salario%20ingeniero%20junior%20promedio,hasta%20%E2%82%AC%2031.000%20al%20a%C3%B1o.>
- [8] SolidBi. (2022, 30 agosto). Precio SOLIDWORKS. <https://solid-bi.es/precio-solidworks/>

[9] Microsoft. (2022, 30 agosto). <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/business/compare-all-microsoft-365-business-products>

## ANEXOS

### Lista de parámetros

#### FORMA:

- LARGO@SuperficieMesa
- ANCHO@SuperficieMesa
- ESPESOR@Espesor
- ANCHO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq
- LARGO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq
- ANCHO DERECHO@SuperficieLadoDer
- LARGO DERECHO@SuperficieLadoDer

#### REDONDEOS:

- R1@R1
- R2@R2
- R3@R3
- R4@R4
- R5@R5
- R6@R6
- R7@R7
- R8@R8
- R9@R9
- R10@R10

#### RECOGE CABLES:

- ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesIzq
- ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesIzq
- ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesIzq
- ALTURA 1 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq
- PROFUNDIDAD IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq
- ALTURA 2 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq
- ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesDer
- ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesDer
- ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesDer
- ALTURA 1 DER@DimensionesRecogeCablesDer
- PROFUNDIDAD DER@DimensionesRecogeCablesDer
- ALTURA 2 DER@DimensionesRecogeCablesDer

- ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesT
- ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesT
- ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesT
- ALTURA 1 T@DimensionesRecogeCablesT
- PROFUNDIDAD T@DimensionesRecogeCablesT
- ALTURA 2 T@DimensionesRecogeCablesT

**ORIFICIO PASA CABLES:**

- POSICION.X@Circulo 1
- POSICION.Z@Circulo 1
- DIAMETRO@Circulo 1
- POSICION.X@Circulo 2
- POSICION.Z@Circulo 2
- DIAMETRO@Circulo 2

**RECORTE PARA ESQUINAS:**

- DISTANCIA.X@Rectangulo1
- DISTANCIA.Z@Rectangulo1
- LADO.X@Rectangulo1
- LADO.Z@Rectangulo1
- DISTANCIA.X@Rectangulo2
- DISTANCIA.Z@Rectangulo2
- LADO.X@Rectangulo2
- LADO.Z@Rectangulo2

**Tabla de diseño**

Tabla de diseño para: tfm

	LARGO@SuperficieMesa	ANCHO@SuperficieMesa	ESPESOR@Espesor	\$Estado@EspesorLadoIzq	ANCHO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq	LARGO IZQUIERDO@SuperficieLadoIzq	\$Estado@EspesorLadoDer	ANCHO DERECHO@SuperficieLadoDer	LARGO DERECHO@SuperficieLadoDer	\$Estado@R1	R1@R1
RECTA	2000	800	2	1	375	800	1	600	1200	0	0,5
L IZQUIERDA	1500	700	5	0	300	1100	1	600	1200	1	10
L DERECHA	1800	600	2	1	375	800	0	600	1200	1	50
FORMA U	1500	700	2,5	0	375	800	0	375	800	1	0,5

**Figura 73. ANEXO – TABLA DE DISEÑO 1**

	\$Estado@R2		\$Estado@R3		\$Estado@R4		\$Estado@R5		\$Estado@R6		\$Estado@R7		\$Estado@R8		\$Estado@R9	
	R2@R2		R3@R3		R4@R4		R5@R5		R6@R6		R7@R7		R8@R8		R9@R9	
0	80	0	40	0	60	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	
1	0,5	1	10	1	1	1	0,5	0	50	0	50	1	10	1	10	
1	100	1	50	1	10	1	10	1	10	1	10	0	200	0	150	
1	3	1	10	1	10	1	100	1	100	0	100	0	100	1	3	

Figura 74. ANEXO – TABLA DE DISEÑO 2

	\$Estado@R10				\$Estado@Recorte 1				\$Estado@Recorte 2				\$Estado@Pasa Cables 1			
	R10@R10				DISTANCIA.X@Rectangulo1				DISTANCIA.Z@Rectangulo2				POSICION.X@Circulo 1			
					LADO.X@Rectangulo1				LADO.Z@Rectangulo2				POSICION.Z@Circulo 1			
					LADO.Z@Rectangulo1								DIAMETRO@Circulo 1			
1	10	0	0	150	200	0	1750	0	250	150	0	250	200	100		
1	10	0	0	150	200	1	1250	0	250	150	0	1250	65	50		
0	100	0	0	1	1	1	1500	0	300	50	1	0	0	250		
1	3	0	1200	0	300	150	0	0	300	50	1	0	0	250		

Figura 75. ANEXO – TABLA DE DISEÑO 3

	\$Estado@Pasa Cables 2				\$Estado@RecogeCablesIzq								\$Estado@RecogeCablesDer			
	POSICION.X@Circulo 2				ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesIzq								ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesDer			
	POSICION.Z@Circulo 2				ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesIzq								ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesDer			
	DIAMETRO@Circulo 2				ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesIzq								ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesDer			
					ALTURA 1 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq								ALTURA 1 DER@DimensionesRecogeCablesDer			
					PROFUNDIDAD IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq											
					ALTURA 2 IZQ@DimensionesRecogeCablesIzq											
1	1500	300	250	0	2	2	2	80	100	30	0	2	2	2	80	
1	0	0	250	1	5	5	5	90	120	20	1	5	5	5	90	
1	500	300	200	0	2	2	2	90	120	20	1	2	2	2	90	
1	0	0	250	1	2,5	2,5	2,5	90	120	20	1	2,5	2,5	2,5	90	

Figura 76. ANEXO – TABLA DE DISEÑO 4

PROFUNDIDAD DER@DimensionesRecogeCablesDer								
ALTURA 2 DER@DimensionesRecogeCablesDer								
‡Estado@RecogeCablesT								
ESPESOR 1@DimensionesRecogeCablesT								
ESPESOR 2@DimensionesRecogeCablesT								
ESPESOR 3@DimensionesRecogeCablesT								
ALTURA 1 T@DimensionesRecogeCablesT								
PROFUNDIDAD T@DimensionesRecogeCablesT								
ALTURA 2 T@DimensionesRecogeCablesT								
100	30	1	2	2	2	80	100	30
120	20	0	5	5	5	130	120	75
120	20	1	2	2	2	90	120	20
120	20	0	2,5	2,5	2,5	90	120	20

Figura 77. ANEXO – TABLA DE DISEÑO 5

### Interfaz de introducción de datos

**CONFIGURACIÓN - FORMA RECTA**

1. FORMA	
Largo	2000
Ancho	800
Espesor	2

RECOGE CABLES IZQ.	
Si	
Altura	80
Profundidad	100
Altura 2	30

ESQUINA 1	
Si	
Distancia X	0
Distancia Z	0
Lado X	150
Lado Z	200

2. REDONDEOS	
R1	Si
0,5	
R2	Si
80	
R3	Si
40	
R4	Si
60	

RECOGE CABLES DER.	
Si	
Altura	80
Profundidad	100
Altura 2	30

ESQUINA 2	
Si	
Distancia X	1750
Distancia Z	0
Lado X	250
Lado Z	150

RECOGE CABLES TRAS.	
NO	

ORIFICIO CABLES 1	
Si	
Posición X	250
Posición Z	200
Diámetro	100

ORIFICIO CABLES 2	
NO	

Figura 78. ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA RECTA

**CONFIGURACIÓN - FORMA L IZQUIERDA**

1. FORMA			
Largo	1500	LADO IZQUIERDO	
Ancho	700	Ancho	300
Espesor	5	Largo	1100

2. REDONDEOS	
R1	NO
R2	NO
R4	NO
R5	NO
R6	Si
	50
R7	Si
	50

RECOGE CABLES IZQ.
NO

RECOGE CABLES DER.
NO

RECOGE CABLES TRAS.	
Si	
Altura	130
Profundidad	120
Altura 2	75

ESQUINA 1	
Si	
Distancia X	0
Distancia Z	0
Lado X	150
Lado Z	200

ESQUINA 2	
NO	

ORIFICIO CABLES 1	
Si	
Posición X	1250
Posición Z	65
Diámetro	50

ORIFICIO CABLES 2	
NO	

Figura 79. ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA L IZQUIERDA

**CONFIGURACIÓN - FORMA L DERECHA**

1. FORMA			
Largo	1800	LADO DERECHO	
Ancho	600	Ancho	600
Espesor	2	Largo	1200

2. REDONDEOS		
R1	NO	1
R2	NO	1
R3	NO	1
R8	Si	0
	200	
R9	Si	0
	150	
R10	Si	0
	100	

RECOGE CABLES IZQ.	
Si	
Altura	90
Profundidad	120
Altura 2	20

RECOGE CABLES DER.
NO

RECOGE CABLES TRAS.
NO

ESQUINA 1	
Si	
Distancia X	
Distancia Z	
Lado X	1
Lado Z	1

ESQUINA 2	
NO	

ORIFICIO CABLES 1	
NO	

ORIFICIO CABLES 2	
NO	

**Figura 80. ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA L DERECHA**

**CONFIGURACIÓN - FORMA U**

1. FORMA			
Largo	1500	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO
Ancho	700	Ancho	375
Espeor	2,5	Largo	800

2. REDONDEOS	
R1	NO
R2	NO
R5	NO
R6	NO
R7	Si
	100
R8	Si
	100
R9	NO
R10	NO

RECOGE CABLES IZQ.
NO

RECOGE CABLES DER.
NO

RECOGE CABLES TRAS.	
Si	
Altura	90
Profundidad	120
Altura 2	20

ESQUINA 1	
Si	
Distancia X	1200
Distancia Z	0
Lado X	300
Lado Z	150

RECTANGULO 2
NO

ORIFICIO CABLES 1
NO

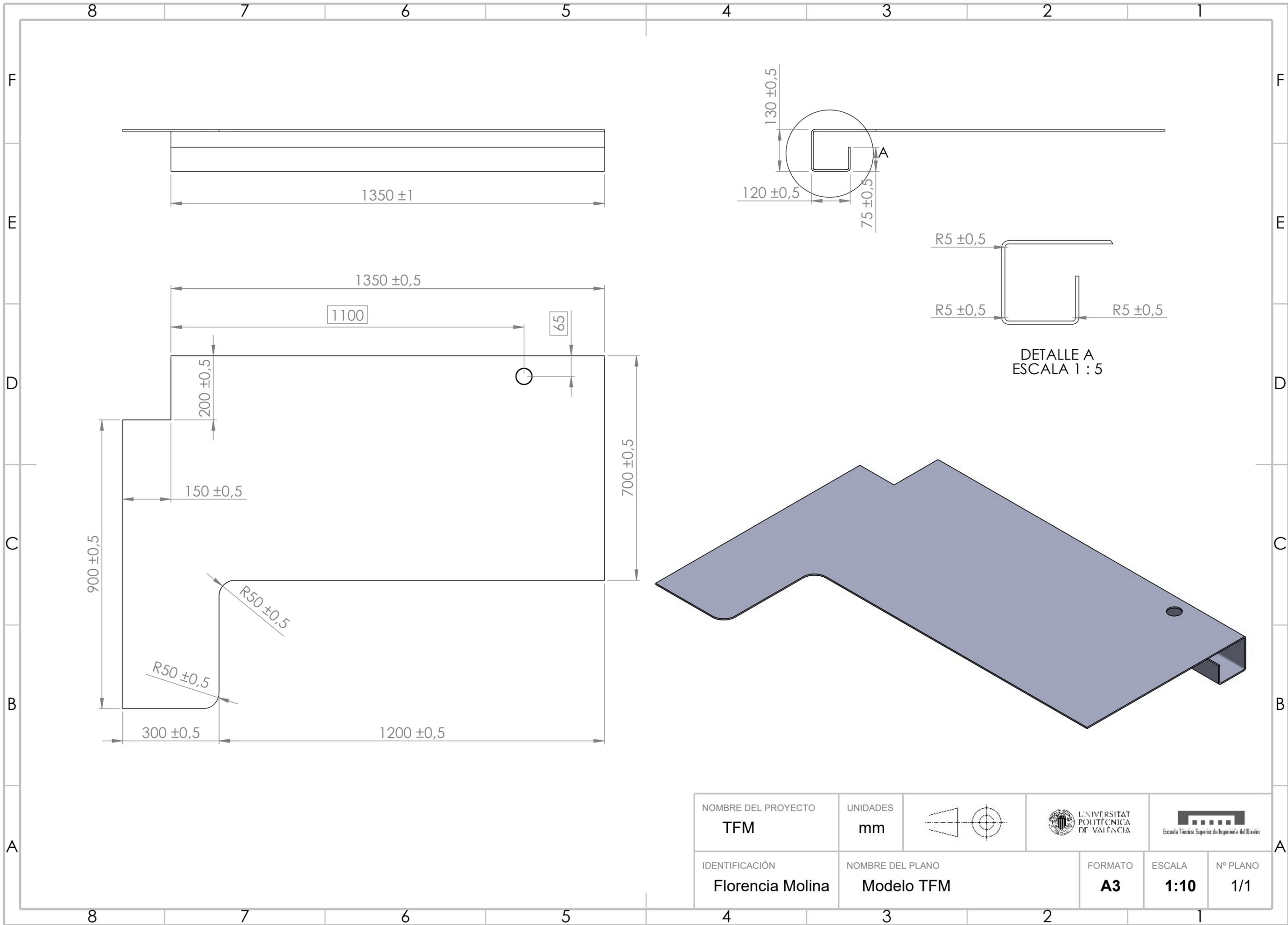
  

ORIFICIO CABLES 2
NO

**Figura 81. ANEXO – INTRODUCCIÓN DE DATOS – FORMA U**

**Plano**

En la página siguiente se puede ver el plano del modelo generado para la segunda parte del modelo.



NOMBRE DEL PROYECTO <b>TFM</b>	UNIDADES <b>mm</b>				
IDENTIFICACIÓN <b>Florencia Molina</b>	NOMBRE DEL PLANO <b>Modelo TFM</b>	FORMATO <b>A3</b>	ESCALA <b>1:10</b>	Nº PLANO <b>1/1</b>	