



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y producción de mobiliario mediante el modelo de código abierto. Fabricación de una silla sin herrajes ni adhesivos.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Carbonell Solis, Pablo

Tutor/a: Gaspar Quevedo, Francisco

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

*“Diseño y producción de mobiliario mediante el modelo de código abierto”*

*Fabricación de una silla sin herrajes ni adhesivos*

VALENCIA, JULIO 2023

*Autor: **Pablo Carbonell Solís***

*Tutor: **Francisco Gaspar Quevedo***

***Trabajo Final de Grado**  
Curso académico 2022/2023  
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial  
y Desarrollo de Productos*



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

*Resumen / resum / abstract*

*1. Memoria descriptiva*

*2. Pliego de condiciones*

*3. Planimetría*

*4. Presupuesto*

*5. Fuentes documentales*

El siguiente Trabajo Final de Grado tiene como objetivo plantear el diseño de una pieza de mobiliario bajo la filosofía *Open Source*. Esta manera de compartir información, que ha ido ganando popularidad a lo largo de los últimos años, permite saltarse varios eslabones de la cadena de producción tradicional, haciendo viable una forma de consumo de mobiliario autoproducido.

Con ello, se pretende abordar el asunto de la fabricación de mobiliario desde un punto de vista ambiental y sostenible, haciendo hincapié en los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), 12 (Producción y consumo responsables) y 13 (Acción por el clima).

*Palabras clave*

*mobiliario;  
sostenibilidad; código  
abierto; madera*

El següent Treball Final de Grau té com a objectiu plantejar el disseny d'una peça de mobiliari sota la filosofia *Open Source*. Aquesta manera de compartir informació, que ha anat guanyant popularitat al llarg dels últims anys, permet saltar-se diverses baules de la cadena de producció tradicional, fent viable una forma de consum de mobiliari autoproduït.

Amb això, es pretén abordar l'assumpte de la fabricació de mobiliari des d'un punt de vista ambiental i sostenible, posant l'accent en els ODS 11 (Ciutats i comunitats sostenibles), 12 (Producció i consum responsables) i 13 (Acció pel clima).

### *Paraules clau*

*mobiliari;  
sostenibilitat; codi  
obert; fusta*

The following Final Degree Project aims to propose the design of a piece of furniture under the Open Source philosophy. This way of sharing information, which has been gaining popularity in recent years, allows skipping several links in the traditional production chain, making viable a form of self-produced furniture consumption.

This is intended to address the issue of furniture manufacturing from an environmental and sustainable point of view, with an emphasis on SDG 11 (Sustainable Cities and Communities), 12 (Responsible Consumption and Production) and 13 (Climate Action).

### *Key words*

*furniture;  
sustainability; Open  
Source; wood*

*1.1. Justificación del proyecto*

*1.2. Antecedentes*

*1.3. Factores a considerar*

*1.3.1. Normativa*

*1.3.2. Ergonomía*

*1.4. Soluciones propuestas*

*1.4.1. Exploración formal*

*1.4.2. Planteamiento de alternativas*

*1.4.3. Métodos de evaluación de alternativas*

*1.5. Justificación técnica*

El término “código abierto” (*Open Source*) se acuñó en el año 1990 para reemplazar a los conocidos por aquel entonces como “*free software*”, haciendo referencia a aquellos «software que podemos usar, escribir, modificar y redistribuir libremente». Desde entonces, este concepto ha permanecido vigente y en constante crecimiento, dando cabida a toda una comunidad de usuarios que participan de la creación, modificación y consumo de *softwares* de carácter colaborativo.

Como ocurre en otros campos del conocimiento, la terminología *Open Source* ha dado el salto a otros ámbitos, extrapolando los valores de colaboración y comunidad a toda clase de proyectos e investigaciones.

Uno de los campos hasta los que ha llegado esta ‘filosofía de trabajo’ es al sector de la artesanía y del movimiento conocido como *Do It Yourself* (DIY). En este ámbito, en ciertos foros de Internet existen comunidades de personas que, de forma gratuita o por una cantidad simbólica de dinero, comparten no solo el resultado de sus trabajos, sino también las instrucciones detalladas para que cualquiera que acceda a dicha información pueda reproducir el mismo proyecto o incluso hacerle alguna modificación para implementar mejoras o simplemente para personalizarlo. De este modo, se consigue un flujo de trabajo iterativo y de constante mejora, donde cualquiera puede tomar prestada la idea original de otro usuario y hacer alguna aportación.

Este trabajo, orientado principalmente al diseño de mobiliario del hábitat, tiene como objeto la implementación de la metodología de código abierto en el proceso de diseño de una silla. El resultado del mismo será un modelo cuya planimetría podría ponerse al acceso de cualquier usuario, para su uso y modificación, y permitirle llevar a cabo su fabricación.

En todo momento se partirá de las siguientes premisas:

-El modelo final está diseñado para fabricarse mediante el uso de una máquina de control numérico (CNC) de tres ejes.

-La materia prima para la fabricación del modelo serán tableros de madera contrachapada con medidas estandarizadas.

-El modelo final podrá ser ensamblado sin el uso de adhesivos químicos ni herrajes mecánicos. Es decir, la unión entre las piezas tendrá lugar únicamente mediante ajustes y aprietes.

Estas premisas se plantean con el objetivo de hacer frente a cuestiones que tienen que ver principalmente con los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), 12 (Producción y consumo responsables) y 13 (Acción por el clima).

En primer lugar, se plantea la obtención de la materia prima de un comercio local: estos tableros suelen poder encontrarse en grandes superficies de productos de bricolaje y de esta forma se evita tener que importar la materia prima desde cualquier otra localización.

En segundo lugar, se pretende estimular el comercio local, descentralizando la fabricación mediante el uso de talleres cercanos que dispongan de una máquina CNC para la ejecución del proyecto.

Por último, evitar el uso de adhesivos y herrajes garantiza la reducción de la cantidad de desechos que el modelo producirá cuando termine su vida útil y, asimismo, facilitará el reciclaje completo del mismo.

El diseño de mobiliario ha experimentado una evolución significativa a lo largo de los años, con un creciente enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia en su producción. Este cambio ha sido impulsado tanto por la creciente conciencia medioambiental como por los avances tecnológicos que han permitido nuevas formas de diseño y producción.

En el pasado, el diseño de mobiliario se centraba principalmente en la estética y la funcionalidad. Sin embargo, la creciente conciencia sobre los impactos medioambientales de la producción de muebles ha llevado a un cambio de enfoque hacia el diseño sostenible. Esto implica considerar el ciclo de vida completo del producto, desde la elección de materiales hasta el proceso de producción, el uso y finalmente el fin de la vida útil del producto.

En este contexto, el sistema de código abierto ha surgido como una herramienta valiosa para promover la sostenibilidad en el diseño de mobiliario. El código abierto permite la colaboración y la innovación, lo que puede resultar en diseños más eficientes y sostenibles. Además, facilita la producción local y a pequeña escala, reduciendo así las emisiones de carbono asociadas con el transporte de muebles.

En cuanto a la producción de muebles, la eliminación de herrajes y adhesivos se ha convertido en un objetivo importante para reducir el impacto medioambiental. Los herrajes y adhesivos pueden contener sustancias químicas nocivas y dificultar el reciclaje de los muebles. Por lo tanto, se han explorado métodos alternativos de ensamblaje que no requieran el uso de estos materiales.

Este proyecto se basa en estos antecedentes y busca contribuir al campo del diseño de mobiliario sostenible mediante el diseño y la producción de una silla utilizando un sistema de código abierto y métodos de producción que no requieran herrajes ni adhesivos. A través de este proyecto, se espera demostrar que es posible producir muebles de alta calidad que sean a la vez sostenibles, funcionales y estéticos.



Silla Valoví,  
Studio dLux

La Silla Valoví es una de las sillas más descargadas a nivel mundial, gracias al diseño opensource. Diseñado por el equipo de Studio dLux, a través de la plataforma OpenDesk, ya ha sido descargado en más de 100 países y hoy es posible ver este diseño alrededor del mundo.

La silla Valoví está formada por 20 piezas de madera que encajan entre sí fácilmente para montarla y, sin la ayuda de ningún tipo de clavo, tornillo o cola, se mantiene estable.



Fig. 1 Silla Valoví, elaborada por el estudio brasileño Dlux

Se trata del primer diseño de Jean Prouvé fabricado únicamente en madera. Formalmente, está basada en su Standard collection, pero con el reto de producirla en un solo material y utilizando ensamblajes ‘en seco’, al igual que se pretende hacer en este trabajo.

Chaise Tout Bois,  
Jean Prouvé



Fig. 3 Silla Chaise Tout Bois, diseñada y producida por el diseñador francés Jean Prouvé

Tuux,  
Daniel Romero

Con sede en México, Tuux es un estudio multidisciplinar que se centra en la sostenibilidad y en el trabajo colaborativo. Aunque sus trabajos están a caballo entre la arquitectura y el diseño, gran parte de su obra está relacionada con la investigación de procesos de fabricación relacionados con el mecanizado por control numérico.



Fig. 2 Ejemplo de un encargo del estudio mexicano Tuux

El proyecto BEDlab (Biblioteca Expandida Deslocalizada) es una iniciativa surgida en Valencia para someter a las bibliotecas públicas a una transformación que las sitúe en su contexto histórico, con la premisa de que están obsoletas.

BEDlab

Para lograrlo, se propone una serie de actividades apoyadas en el diseño y fabricación de mobiliario con un carácter colaborativo y orientados hacia la fabricación digital.



Fig. 4 Cocina plegable y transportable, realizada por la iniciativa BEDlab para el barrio de Beniferrí

Silla CH24  
Carl Hansen

La silla CH24, producida en los años 50, es un hito del diseño no solo por su estética, sino por ser considerada un ejemplo de diseño sostenible, introduciendo en su elaboración materiales y procesos artesanales tradicionales como la cuerda trenzada de papel.



Fig. 5 Silla CH24, diseñada y producida por e diseñador danés Carl Hanson en los años 50

Movimiento Open  
Desk

OpenDesk es una plataforma digital que fusiona el diseño abierto y la fabricación local para descentralizar la producción de muebles. En lugar de seguir la tradicional cadena de suministro, proporciona diseños descargables que los usuarios pueden llevar a fabricantes locales equipados con tecnología CNC, promoviendo así la economía local.



Fig. 6 Logo de la plataforma digital OpenDesk

Al diseñar y producir una pieza de mobiliario, en este caso una silla, es crucial tener en cuenta las diversas normativas que pueden aplicarse. Estas normativas pueden abordar una variedad de aspectos, desde la seguridad y la ergonomía hasta los materiales y los procesos de producción.

En primer lugar, las normativas de seguridad son fundamentales. Estas normas pueden abordar aspectos como la resistencia y la estabilidad de la silla. Por ejemplo, la norma EN 12520:2015 (Mobiliario. Resistencia, durabilidad y seguridad. Requisitos para asientos de uso doméstico) especifica los requisitos de resistencia, durabilidad y seguridad para sillas de uso doméstico. Asegurarse de que la silla cumple con estas normas es esencial para garantizar la seguridad del usuario.



Fig. 7 Captura del documento oficial correspondiente a la norma UNE-EN 12520 extraída de AENOR

En segundo lugar, las normativas de ergonomía también son importantes. Estas normas se centran en asegurar que la silla sea cómoda y saludable para el usuario. Por ejemplo, la norma UNE-EN 1335-1:2001 establece las dimensiones que deben tener las sillas para garantizar una postura correcta y prevenir problemas de salud.



Fig. 8 Captura del documento oficial correspondiente a la norma UNE-EN 1335-1 extraída de AENOR

Además, las normativas sobre materiales pueden ser relevantes, especialmente si se está utilizando madera contrachapada. Estas normas pueden abordar aspectos como la calidad de la madera, el tratamiento de la madera y la seguridad de los adhesivos utilizados en la madera contrachapada. Por ejemplo, la norma EN 636 especifica los requisitos para la madera contrachapada en términos de su resistencia a la humedad.



Fig. 9 Captura del documento oficial correspondiente a la norma UNE-EN 636 extraída de AENOR

Finalmente, si se está utilizando un proceso de producción específico, como la fabricación digital, también pueden aplicarse normativas específicas. Estas normas pueden abordar aspectos como la seguridad y la calidad de los procesos de producción.

En resumen, al desarrollar una silla, es esencial tener en cuenta las diversas normativas que pueden aplicarse. Cumplir con estas normas no sólo es legalmente obligatorio, sino que también puede ayudar a asegurar la calidad, la seguridad y la sostenibilidad de la silla.

Como se mencionaba anteriormente, la ergonomía es un aspecto crucial en el diseño de una silla. Se refiere a “la ciencia de diseñar y organizar las cosas que las personas usan para que las personas y las cosas interactúen de la manera más eficiente y segura posible”. En el diseño de una silla, la ergonomía se centra en crear una silla que sea cómoda y que apoye la postura correcta para prevenir problemas de salud.

La norma UNE-EN 1335-1:2001 es una norma europea que establece las dimensiones que deben tener las sillas de oficina para garantizar una postura correcta y prevenir problemas de salud. Aunque esta norma se aplica específicamente a las sillas de oficina, muchos de sus principios son relevantes para el diseño de cualquier tipo de silla.

Según la norma UNE-EN 1335-1:2001, las dimensiones clave a considerar en el diseño de una silla incluyen:

**Altura del asiento:** La altura del asiento debe ser ajustable, y debe permitir que el usuario tenga los pies planos en el suelo con las rodillas en un ángulo de 90 grados. Según la norma, la altura del asiento debe estar entre 400 y 510 mm.

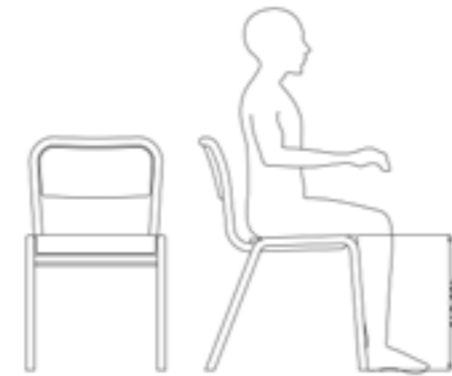


Fig. 10 Esquema ergonómico que muestra la altura que debe tener el asiento de una silla para cplir con normativa. Elaboración propia

**Profundidad del asiento:** La profundidad del asiento debe permitir al usuario sentarse con la espalda apoyada en el respaldo de la silla sin presionar la parte posterior de las rodillas. Según la norma, la profundidad del asiento debe estar entre 400 y 420 mm.



Fig. 11 Esquema ergonómico que muestra la profundidad que debe tener el asiento de una silla para cplir con normativa. Elaboración propia

Anchura del asiento: La anchura del asiento debe ser suficiente para permitir al usuario moverse y cambiar de postura. Según la norma, la anchura del asiento debe ser de al menos 400 mm.



Fig. 12 Esquema ergonómico que muestra la anchura que debe tener el asiento de una silla para cplir con normativa. Elaboración propia

Altura del respaldo: La altura del respaldo debe ser suficiente para apoyar la espalda del usuario, especialmente la zona lumbar. Según la norma, la altura del respaldo debe estar entre 370 y 400 mm.

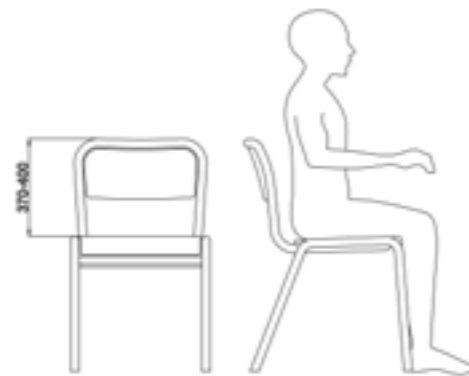


Fig. 13 Esquema ergonómico que muestra la altura que debe tener el respaldo de una silla para cplir con normativa. Elaboración propia

Estas son sólo algunas de las dimensiones clave a considerar en el diseño de una silla. Es importante recordar que la ergonomía no es sólo una cuestión de dimensiones, sino que también implica considerar factores como el material del asiento, el ángulo del respaldo y la posibilidad de ajustar la silla para adaptarse a las necesidades individuales del usuario.

Como en todo proceso creativo, el inicio de esta investigación fue algo confusa, dando lugar a bocetos que poco o nada tendrían que ver con el futuro desarrollo del proyecto. Sin embargo, bien es sabido que en el sector del diseño una idea lleva a la otra, por vagas o lejanas que parezcan las conexiones, y que hay que 'romper mano' para acabar llegando a un planteamiento verdaderamente interesante y alejado de la idea original. Aquí se muestran algunos de los primeros bocetos y maquetas desarrollados durante este trabajo que, aunque poco o nada tienen que ver con los procesos de fabricación que se pretende investigar, plasman vocaciones formales, referencias e inspiraciones:



*Fig. 14 Primeros bocetos realizados durante la fase de creatividad y exploración formal. Elaboración propia*

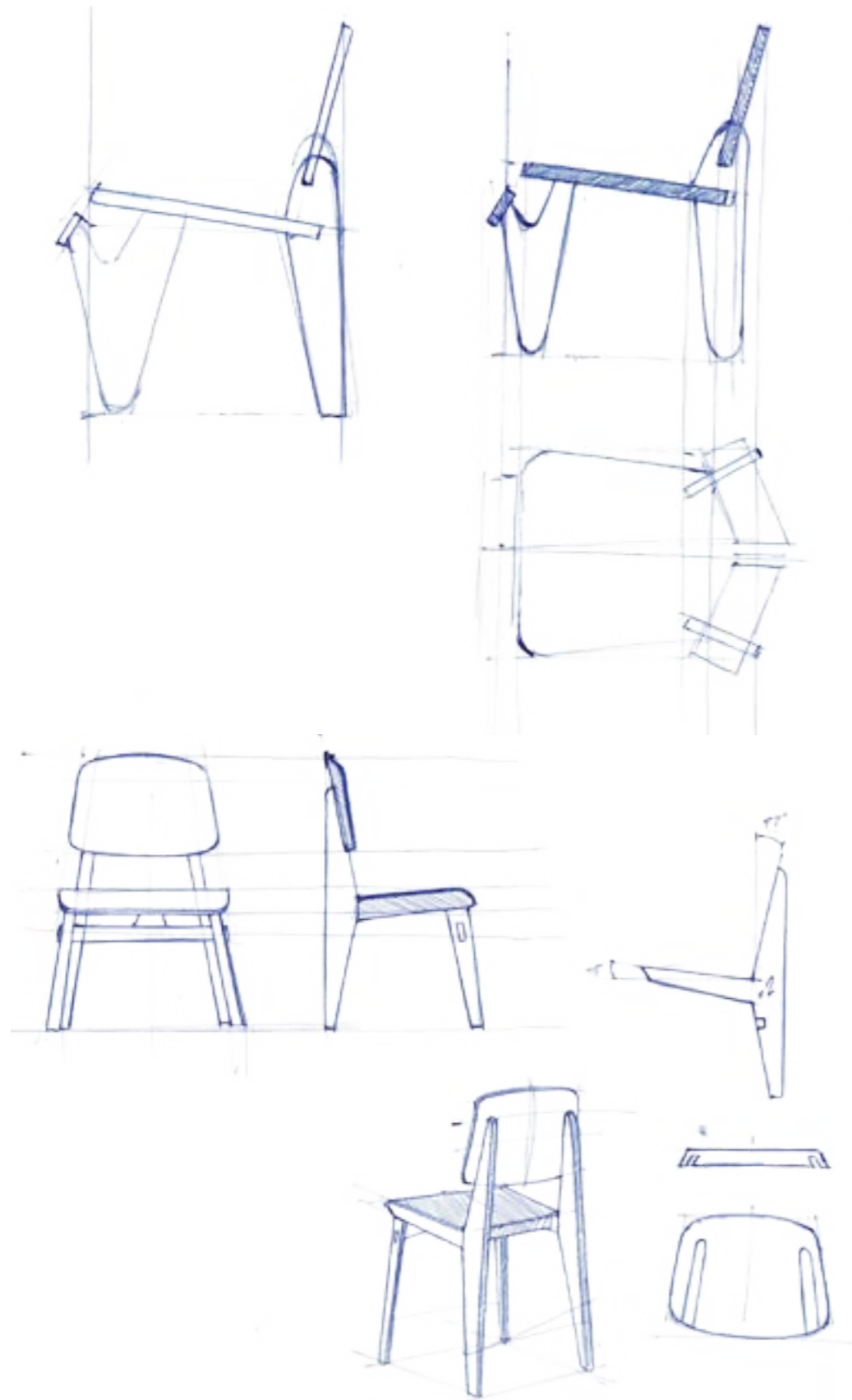


Fig. 15 Primeros bocetos realizados durante la fase de creatividad y exploración formal. Elaboración propia



Fig. 16 Primeros bocetos realizados durante la fase de creatividad y exploración formal. Elaboración propia





*Fig. 17 Primeras maquetas en fase de exploración formal. Elaboración propia*

Los bocetos iniciales sirven para empezar a generar restricciones en el diseño del producto. Al pensar gráficamente cómo debían ensamblar las piezas, o al fabricar pequeñas maquetas, las posibilidades se reducen. Así, después de una primera fase de exploración formal, queda claro, por ejemplo, que es difícil huir de la perpendicularidad y de los abatimientos de planos a 90°, teniendo en cuenta las restricciones de diseño, derivadas principalmente del proceso de fabricación.

De estas y de otras conclusiones, nacen una serie de propuestas más avanzadas y definidas, a las que se le da forma mediante un software de modelado 3D (Rhinoceros).

A continuación se muestran las 5 propuestas, de las que saldrá la propuesta de diseño final:



Fig. 18 Modelado y aplicación de texturas de la propuesta n°1 Elaboración propia



Fig. 19 Modelado y aplicación de texturas de la propuesta n°2 Elaboración propia



Fig. 20 Modelado y aplicación de texturas de la propuesta n°3 Elaboración propia



Fig. 21 Modelado y aplicación de texturas de la propuesta n°4. Elaboración propia



*Fig. 22 Modelado y aplicación de texturas de la propuesta n°5 Elaboración propia*

La evaluación de alternativas es un paso crucial en el proceso de diseño. Permite comparar diferentes soluciones y seleccionar la que mejor se adapte a las necesidades y objetivos del proyecto. Existen varios métodos para evaluar alternativas, incluyendo el análisis de decisiones multicriterio, el análisis de costo-beneficio y el análisis de ciclo de vida.

En este caso se ha determinado considerar que, debido a las características comunes de todas las propuestas, derivadas de un briefing restrictivo, los parámetros de costo-beneficio y ciclo de vida serían prácticamente iguales para las 5 propuestas.

Por ello, se ha decidido evaluar las propuestas mediante un análisis multicriterio. Para elaborarlo, se han elegido criterios que se consideran relevantes y estrechamente relacionadas con las características de una pieza de mobiliario de hogar tal y como es una silla. Los criterios serán los siguientes: ergonomía, viabilidad de uso, aprovechamiento del material, facilidad de montaje y estética.

Para cada uno de estos aspectos, se le asignará una nota del 1 al 5 a cada una de las propuestas, siendo el sumatorio máximo de puntos que puede reunir una propuesta 20 puntos. Una vez finalizado el análisis, la propuesta con más puntuación será la que se siga desarrollando, pues se considera que es la que mejor cumple con los requisitos de diseño establecidos.

A continuación, los resultados del análisis:



	Ergonomía	Viabilidad de uso	Aprovechamiento del material	Facilidad de montaje	Estética	
1	2	2	4	4	1	13
2	4	2	3	2	3	14
3	4	4	3	3	4	18
4	2	1	3	3	2	11
5	4	5	3	3	5	20

Fig. 23 Tabla de evaluación de las propuestas según análisis multicriterio. Elaboración propia

Los resultados del análisis multicriterio muestran que la opción que mejor se adecúa a los condicionantes del diseño es la propuesta nº5 y se convierte, por tanto, en la propuesta definitiva.

A continuación se recogen bocetos y maquetas elaboradas con mayor sensibilidad y proximidad a la propuesta real:



*Fig. 24 Bocetos de detalle de la propuesta final. Elaboración propia*



Fig. 25 Bocetos de detalle de la propuesta final. Elaboración propia





*Fig. 26 Fotografía de la maqueta realizada a escala 1/2 con tablero contrachapado de abedul de 9mm de espesor.  
Elaboración propia*



El diseño y la fabricación de una pieza de mobiliario concebida bajo la filosofía *OpenSource* y el mecanizado de piezas planas están supeditados a unas condiciones de contorno determinadas. Estas condiciones de contorno tienen que ver con las limitaciones y las posibilidades que ofrecen tanto la materia prima, como el proceso de fabricación que se va a llevar a cabo para transformar dicha materia prima en una pieza final.

En este caso existen los siguientes condicionantes:

-En cuanto a la elección del material. Actualmente es viable, desde un punto de vista productivo, la mecanización mediante fresadoras de control numérico de muchos tipos de materiales diferentes. Desde la madera maciza y sus derivados (tableros contrachapados, tableros contralaminados, OSB, tableros de partículas...) hasta materiales sintéticos como el polipropileno o los tableros fenólicos.

En este caso de estudio, se ha decidido utilizar el tablero contrachapado de abedul de 18mm por los siguientes motivos:

-En primer lugar el tablero contrachapado de abedul es el más común en Europa y gran parte de Asia y Latinoamérica y puede ser encontrado en la inmensa mayoría de grandes almacenes de bricolaje en diferentes formatos y con precios competitivos. Esto favorece el comercio local y evita que la materia prima tenga que ‘viajar’ hasta llegar al punto de fabricación.

-En segundo lugar, las plantaciones de abedul son relativamente eficientes comparadas con otras especies de árboles destinados a la madera. Su crecimiento es más rápido que el de otras especies y sus características hacen que pueda ser plantado en la mayoría de zonas climáticas no extremas, por lo que se favorece también la producción local.

-Otro aspecto a tener en cuenta es que la madera de abedul presenta una densidad y otras características físicas que la hacen ser bastante resistente sin tener una densidad demasiado alta. Esto ayuda a que los muebles fabricados en esta madera tengan cierta calidad, pero evita tiempos de mecanizado demasiado largos y el excesivo desgaste de las herramientas de trabajo. Otras maderas (u otros materiales) que presentan mayor densidad, necesitan de un mayor tiempo de mecanizado y de recursos físicos, lo que va en detrimento del ahorro energético y la sostenibilidad.

-Por último cabe mencionar que, si bien este tipo de tableros contrachapados se ofertan en multitud de dimensiones y espesores, se ha determinado que el tablero de 18mm de espesor tiene el canto suficiente para ser utilizado en una pieza de mobiliario sin comprometer su estabilidad o su resistencia mecánica.



*Fig. 27 Imagen de stock de una muestra de tablero contrachapado de abedul de 18mm de espesor*

-En cuanto a la elección del proceso de fabricación. El mecanizado de tableros mediante una máquina de control numérico de tres ejes es un proceso relativamente sencillo y económico. La forma en la que han evolucionado los procesos de fabricación digital ha permitido que, al igual que con las máquinas de corte láser, un usuario *amateur* pueda ‘programar’ el proceso de fabricación de una pieza con un dibujo vectorial que puede ser fácilmente realizado con cualquier programa tipo CAD.

Este es precisamente el objetivo de plantear dicho proceso de fabricación en este trabajo de investigación. Lo que se pretende es facilitar la fabricación de una pieza de mobiliario personalizada (o descargada de algún servidor) y ponerla al alcance de cualquier usuario que tenga acceso a un taller especializado con maquinaria de corte por control numérico.



Fig. 28 Ejemplo de una fresadora por control numérico de 3 ejes con intercambiador de fresas

Estas máquinas tienen incorporado un software que lee los archivos vectoriales y los ‘traduce’ en un código que permite trazar las trayectorias de movimiento de la fresa que, a su vez, girando a un número determinado de revoluciones por segundo, consigue penetrar y cortar el tablero con la forma deseada.

No obstante, hay una serie de condicionantes que se deben tener en cuenta antes de poner en marcha uno de estos procesos.

-En primer lugar es imprescindible determinar qué tipo de fresa se va a utilizar. Por lo general será el técnico del taller encargado de programar la máquina quien identifique qué tipo de material se va a mecanizar y qué tipo de broca es el más adecuado atendiendo a sus propiedades mecánicas. A continuación se muestran algunos de los tipos más comunes:



Fresa de corte espiral, para cortes rectos y limpios en materiales plásticos



Fresa de punta de bola, para grabados y talles de grandes contornos



Fresa de talla en V, para grabados con detalle, generalmente utilizada para textos con bisel



Cortadora de moscas, para desbastar una superficie irregular y conseguir planitud

Fig. 29 Ejemplo de los tipos de fresas más comunes utilizadas en la industria

-En segundo lugar, hay que determinar qué diámetro de broca es el más adecuado para cada tipo de operación. En este caso, en el que la madera únicamente va a ser 'cortada' con borde recto y no necesita ningún tipo de grabado o bisel, una fresa de corte espiral de 6mm de diámetro podría ser una opción viable y, de hecho, es una solución bastante frecuente.

-También es necesario determinar la velocidad a la que debe girar la fresa, la velocidad de desplazamiento de la misma y la profundidad de cada pasada. Por norma general, los materiales que se cortan en este tipo de máquinas tienen demasiado espesor y dureza como para cortarlos de una sola pasada. Por ello, es necesario determinar cuántas pasadas debe realizar la fresa y de qué profundidad antes de cortar por completo una pieza.

-A la hora de dibujar los vectores del diseño planteado, es necesario saber que, aunque el dibujo esté delimitado por líneas, la broca es un elemento finito con un determinado espesor.

***2.1. Objeto***

***2.2. Material***

***2.3. Fabricación***

***2.4. Condiciones de ensamblaje de las piezas***

El objetivo de este trabajo de investigación es indagar en una manera de producir mobiliario centrada en la visión medioambiental, huyendo del uso de herrajes o adhesivos químicos y utilizando materiales de producción local. Es por ello que el proyecto se concibe en contrachapado de abedul de 18mm de espesor, que se puede encontrar en cualquier gran superficie de productos para bricolaje en formatos de 2500x1250mm (compatible con la mayoría de fresadoras por control numérico CNC).

La madera contrachapada, un producto de madera manufacturada, ha sido un componente clave en la industria de la construcción y el diseño desde el siglo XIX. Su origen se atribuye al antiguo Egipto y la China imperial, donde las primeras formas de madera contrachapada se utilizaban para hacer muebles y cajas fuertes. Sin embargo, no fue hasta 1865 que la madera contrachapada comenzó a producirse de manera industrial, con la apertura de una fábrica en Portland, Oregon, en los Estados Unidos.

El proceso de fabricación de la madera contrachapada comienza con la obtención de troncos de madera, que son pelados para producir láminas delgadas de madera o chapas. Estas chapas se clasifican, se secan y se adhieren en capas perpendiculares entre sí utilizando adhesivo bajo calor y presión. Este proceso, conocido como chapado cruzado, mejora la estabilidad dimensional y la resistencia a la flexión de la madera contrachapada.

La madera contrachapada se puede fabricar a partir de una amplia variedad de especies de madera, tanto duras como blandas. Algunas de las especies más comunes incluyen el abeto, el pino, el abedul, el roble, y el álamo. La elección de la madera depende de factores como la disponibilidad, el costo, y las propiedades físicas y estéticas deseadas para el producto final.

Los adhesivos utilizados en la producción de madera contrachapada son cruciales para su resistencia y durabilidad. Los adhesivos más comúnmente utilizados son los adhesivos a base de urea-formaldehído para madera contrachapada de interior y los adhesivos a base de fenol-formaldehído para madera contrachapada de exterior, debido a su mayor resistencia a la humedad. En los últimos años, también ha habido un creciente interés en el uso de adhesivos más ecológicos, como los adhesivos a base de soja.

Gracias a sus propiedades de resistencia, estabilidad y versatilidad, la madera contrachapada se utiliza en una amplia gama de aplicaciones. Estas incluyen la construcción residencial y comercial, la fabricación de muebles, la construcción de barcos, y la fabricación de embalajes. También se utiliza en aplicaciones más especializadas, como la fabricación de instrumentos musicales y patinetas.

En resumen, la madera contrachapada es un material de gran importancia en diversas industrias debido a su flexibilidad, resistencia y sostenibilidad. La comprensión de sus orígenes, procesos de fabricación, y aplicaciones es esencial para apreciar su impacto y potencial en los espacios de construcción, diseño y fabricación.

Las condiciones de suministro de la madera contrachapada pueden variar significativamente dependiendo de varios factores como la ubicación geográfica, el tipo de madera, la calidad de la madera contrachapada y la escala del pedido. Aquí hay algunos aspectos clave a considerar al hablar de las condiciones de suministro:

-Origen de la madera: El tipo y la calidad de la madera contrachapada que se puede suministrar dependerá del origen de la madera. Algunas regiones son conocidas por producir ciertos tipos de madera contrachapada, como el abedul de Rusia o el abeto del Pacífico Norte de los Estados Unidos.

-Normas y certificaciones: Los proveedores de madera contrachapada pueden estar sujetos a ciertas normas y certificaciones que garantizan la calidad del producto y el manejo sostenible de los recursos forestales. Ejemplos de estas certificaciones incluyen el Forest Stewardship Council (FSC) y el Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC).

-Producción y tiempo de entrega: La capacidad de producción de un proveedor puede afectar a la cantidad de madera contrachapada que puede suministrar y al tiempo que puede tardar en cumplir un pedido. Los grandes pedidos pueden requerir más tiempo de producción y, por lo tanto, un plazo de entrega más largo.

-Condiciones de transporte y entrega: Dependiendo de la ubicación del comprador y del vendedor, puede ser necesario tener en cuenta los costos y los tiempos de transporte. Algunos proveedores pueden incluir el costo del transporte en el precio del producto, mientras que otros pueden cobrar por separado por el transporte.

-Precio: El precio de la madera contrachapada puede variar dependiendo de factores como la calidad de la madera, la demanda del mercado, el costo de los materiales y el costo del transporte. Además, los precios pueden ser negociables dependiendo de la relación entre el comprador y el vendedor y el tamaño del pedido.

-Términos de pago: Los términos de pago también son una consideración importante en las condiciones de suministro. Algunos proveedores pueden requerir un pago por adelantado, mientras que otros pueden ofrecer términos de crédito.

Es importante tener en cuenta que estas son solo algunas de las posibles condiciones de suministro de la madera contrachapada. Las condiciones específicas pueden variar dependiendo de una amplia gama de factores, por lo que siempre es recomendable hablar directamente con los proveedores para obtener la información más precisa y actualizada.



La fabricación de una silla de madera contrachapada utilizando una máquina de control numérico (CNC) de 3 ejes implicaría varios pasos esenciales. A continuación, se describe un proceso genérico paso a paso:

**-Paso 1: Diseño del Producto**

El primer paso es diseñar la silla utilizando un programa de diseño asistido por ordenador (CAD). Este diseño incluirá todas las piezas necesarias para la silla, y deberá tener en cuenta las limitaciones y capacidades de la máquina CNC.

**-Paso 2: Preparación del Material**

El siguiente paso es preparar el material, en este caso, los tableros de madera contrachapada. Esto podría implicar el corte de los tableros a un tamaño manejable para la máquina CNC, si es necesario.

**-Paso 3: Programación de la Máquina CNC**

El diseño CAD se convierte en un conjunto de comandos para la máquina CNC, un proceso conocido como programación CAM. Estos comandos guiarán la máquina CNC para cortar la madera contrachapada según el diseño de la silla.

**-Paso 4: Configuración de la Máquina CNC**

La máquina CNC se configura para el trabajo. Esto puede implicar la configuración de las velocidades y avances adecuados, la selección y montaje de la herramienta de corte apropiada, y la carga del programa CAM en la máquina.

**-Paso 5: Corte de las Piezas**

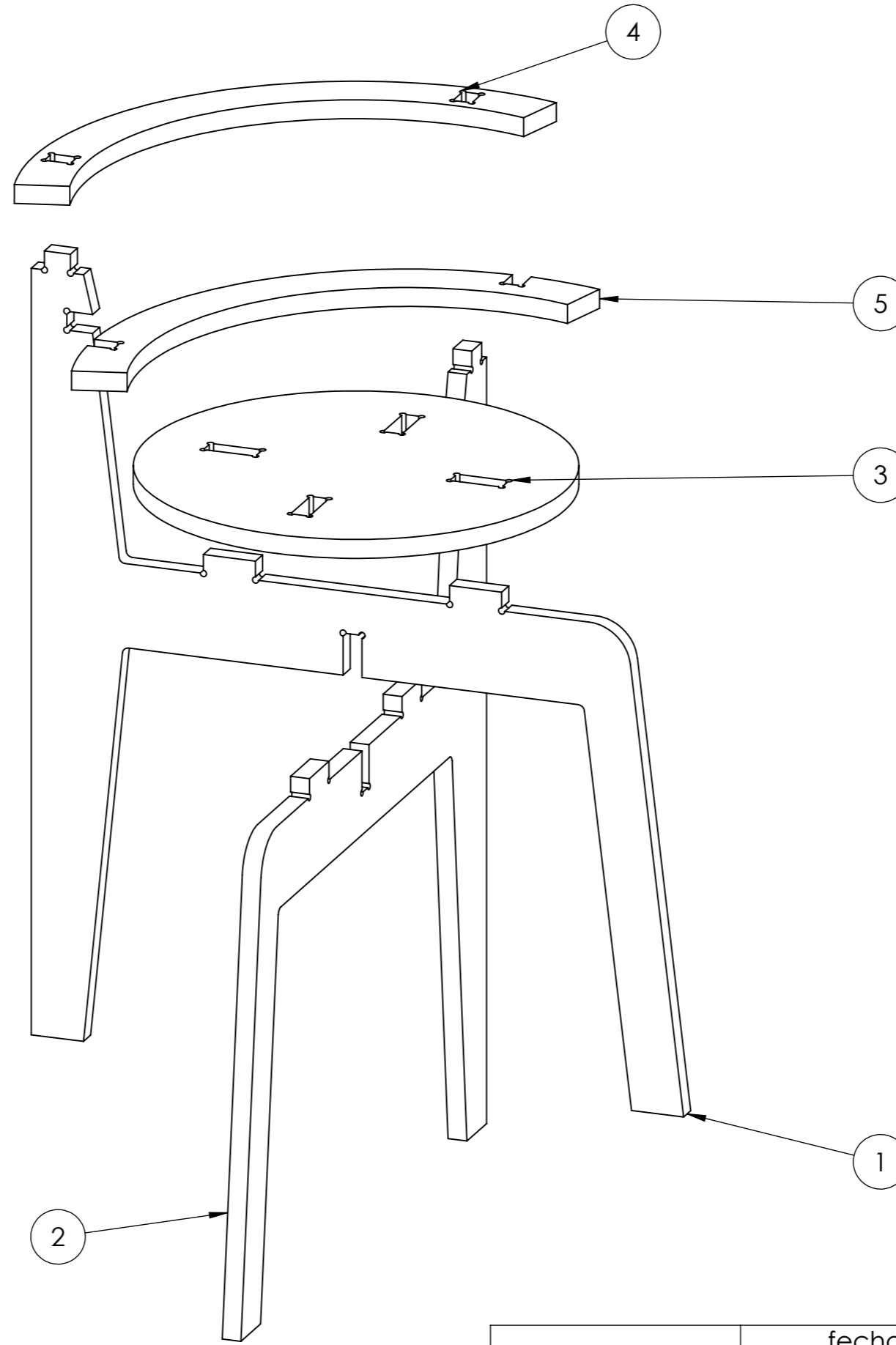
La madera contrachapada se coloca en la máquina CNC, y se inicia el programa CAM. La máquina CNC cortará automáticamente la madera contrachapada según los comandos del programa, produciendo las piezas necesarias para la silla.

**-Paso 6: Limpieza y Acabado de las Piezas**

Después de que la máquina CNC haya terminado de cortar, las piezas se limpian y se suavizan para eliminar cualquier astilla o borde áspero. Dependiendo del diseño, esto puede implicar el uso de papel de lija o de una máquina de lijado.

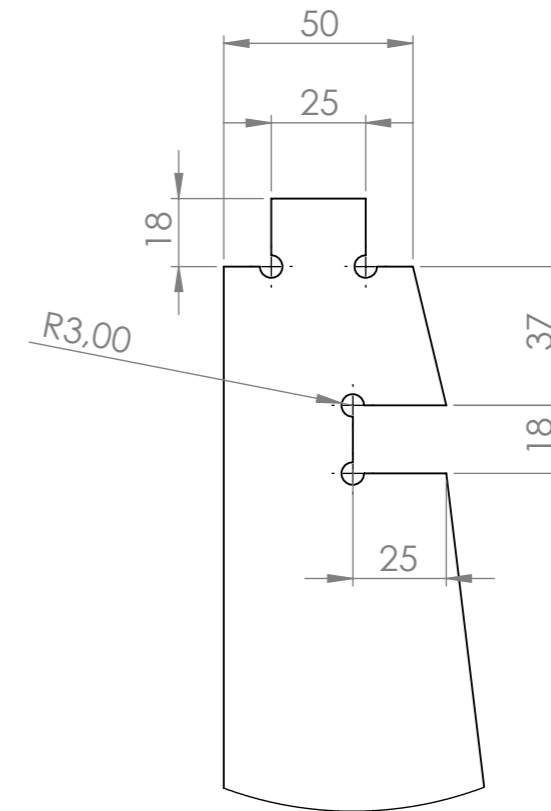
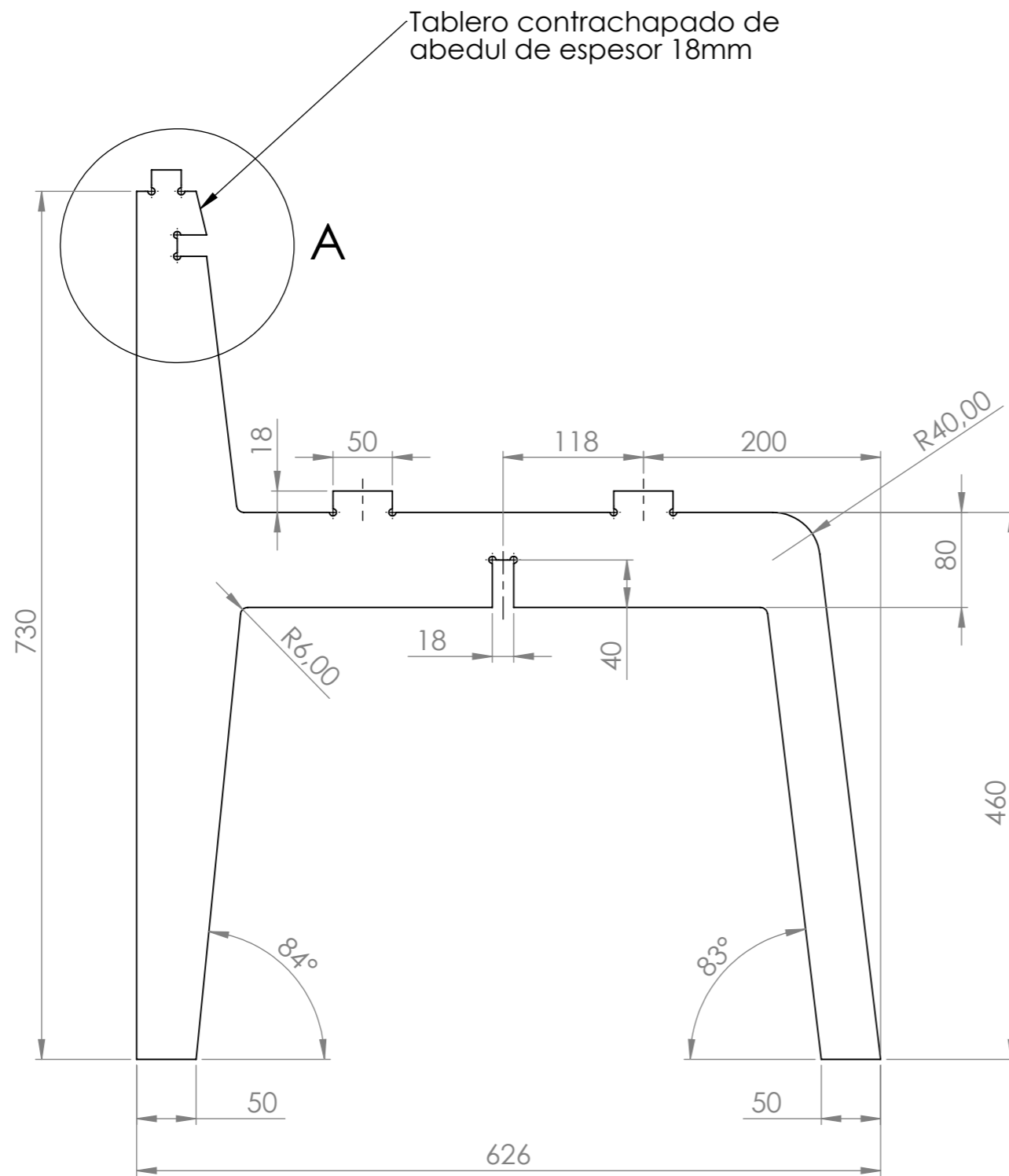
**-Paso 7: Ensamblaje de la Silla**

Las piezas de la silla se ensamblan según el diseño. Esto puede requerir el uso de pegamento para madera y/o sujetadores como tornillos. En algunos diseños, como en el caso que nos ocupa, las piezas pueden estar diseñadas para encajar entre sí, eliminando la necesidad de pegamento o sujetadores.



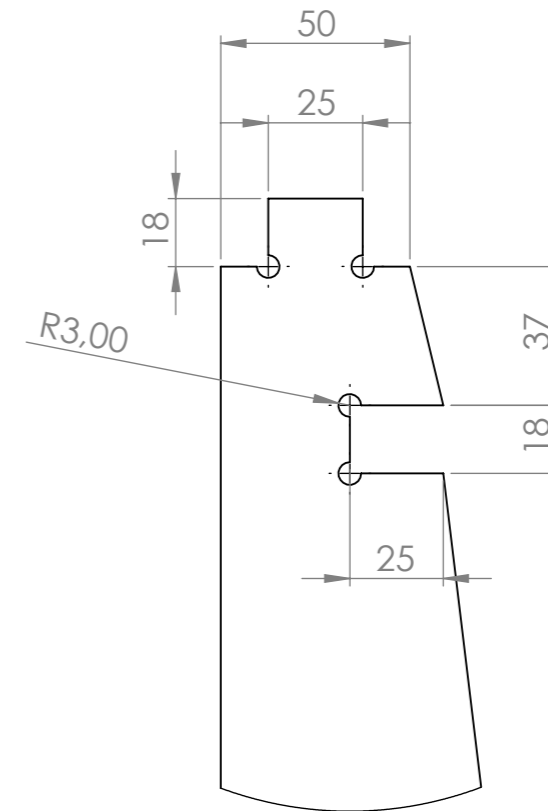
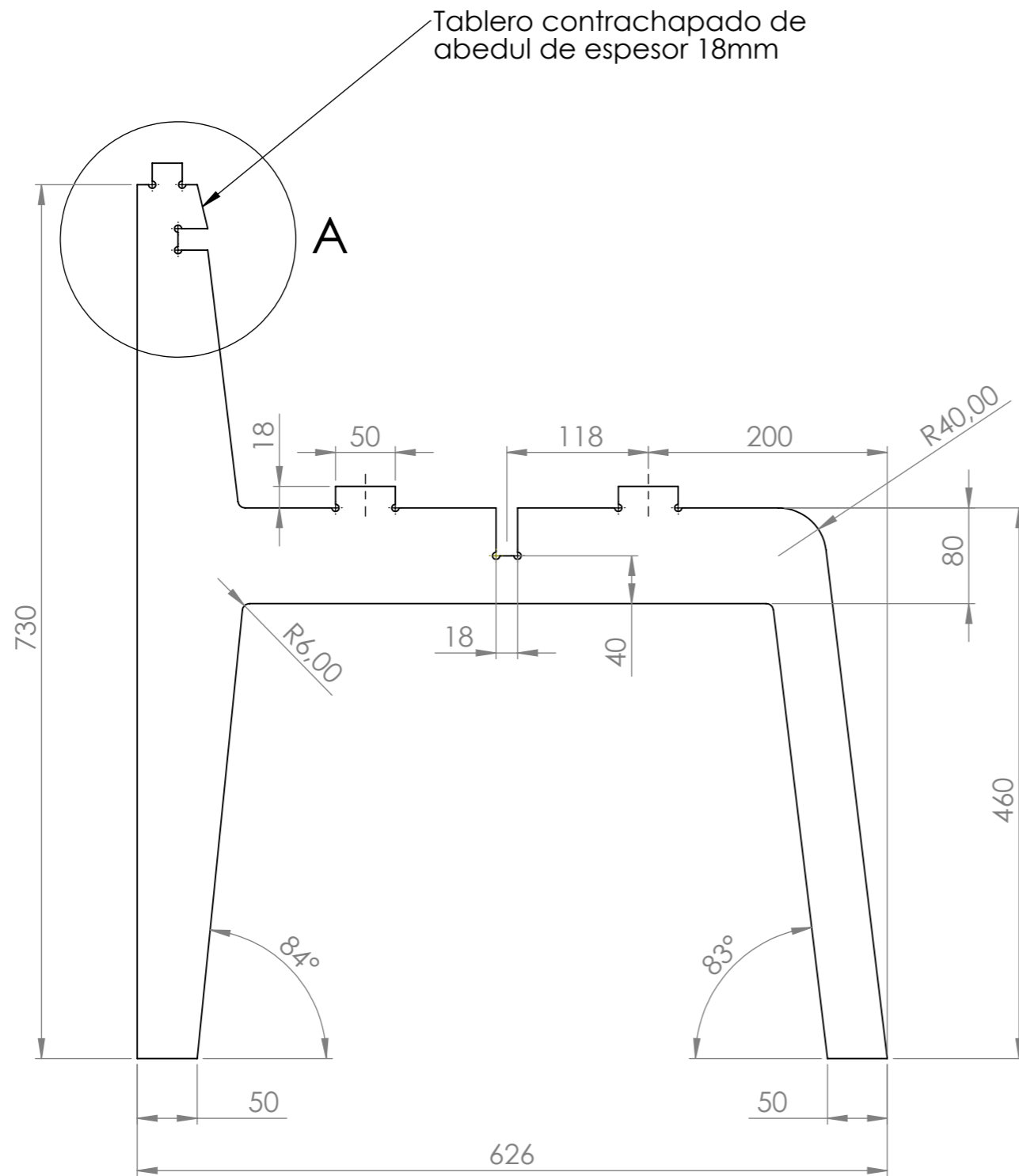
Nº	Pieza
①	Pata derecha
②	Pata izquierda
③	Asiento
④	Costilla superior
⑤	Costilla inferior

dibujado	fecha 27/07/2023		cotas en milímetros
E: 1/5	Vista explosionada		Conjunto



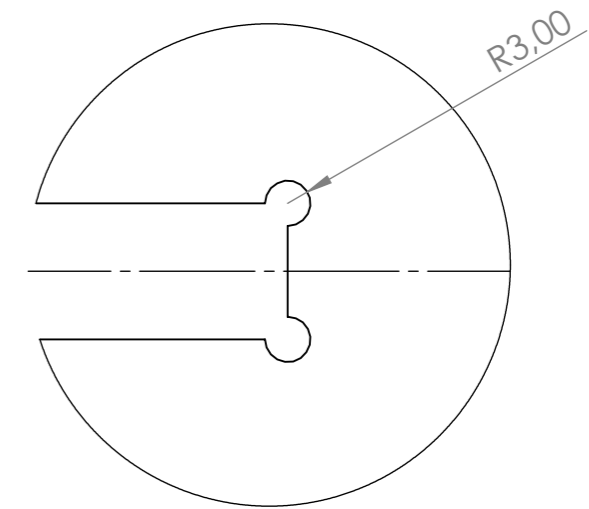
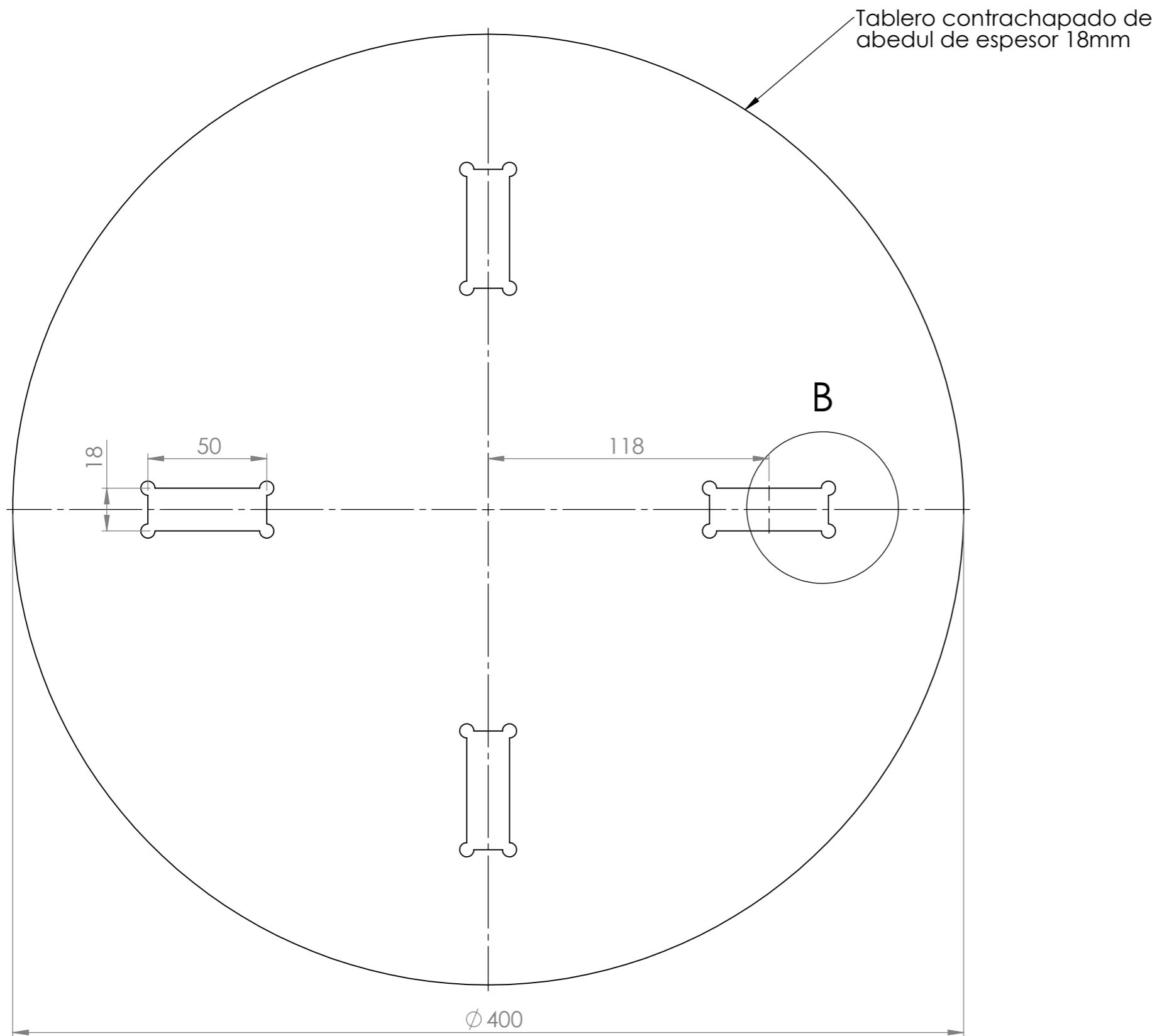
**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 2

	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/5	Pata derecha		Pieza nº1



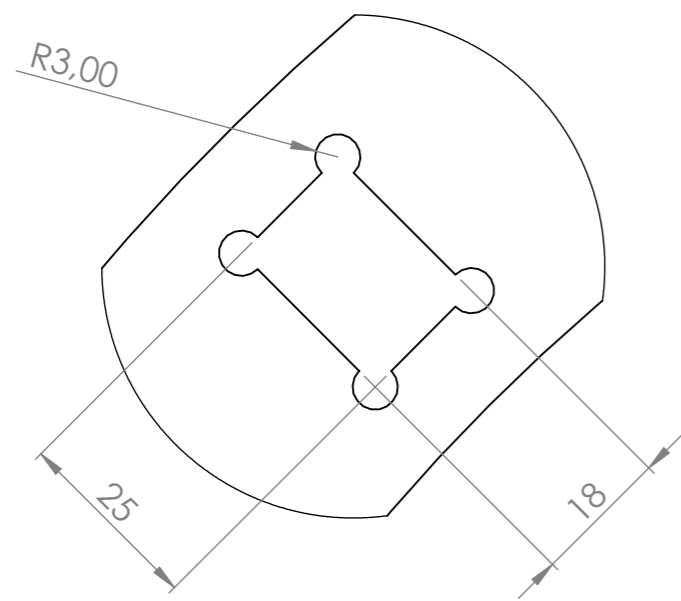
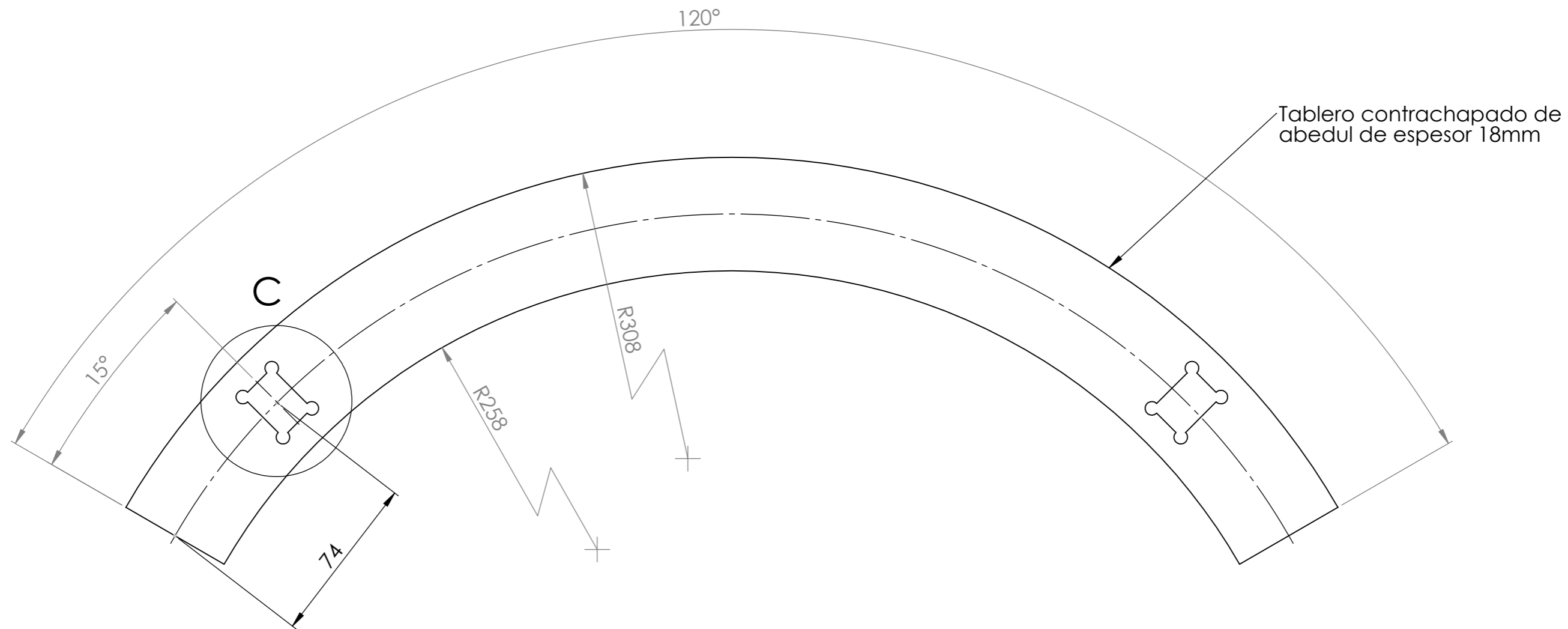
**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 2

	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/5	Pata izquierda	Pieza nº2	



**DETALLE B**  
ESCALA 1 : 1

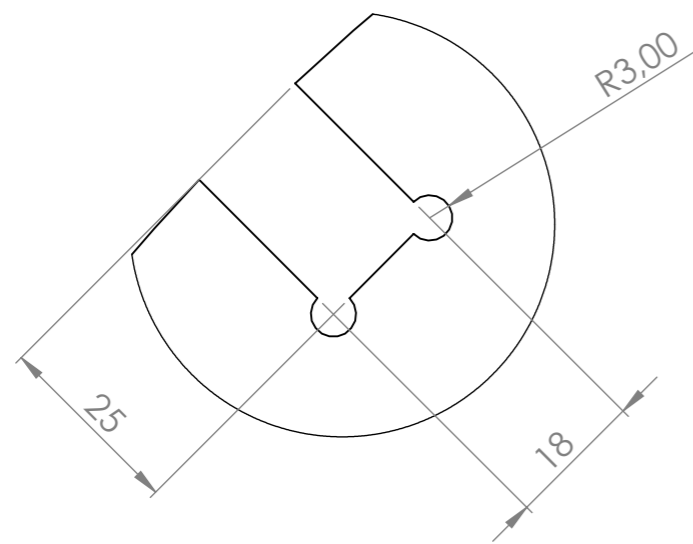
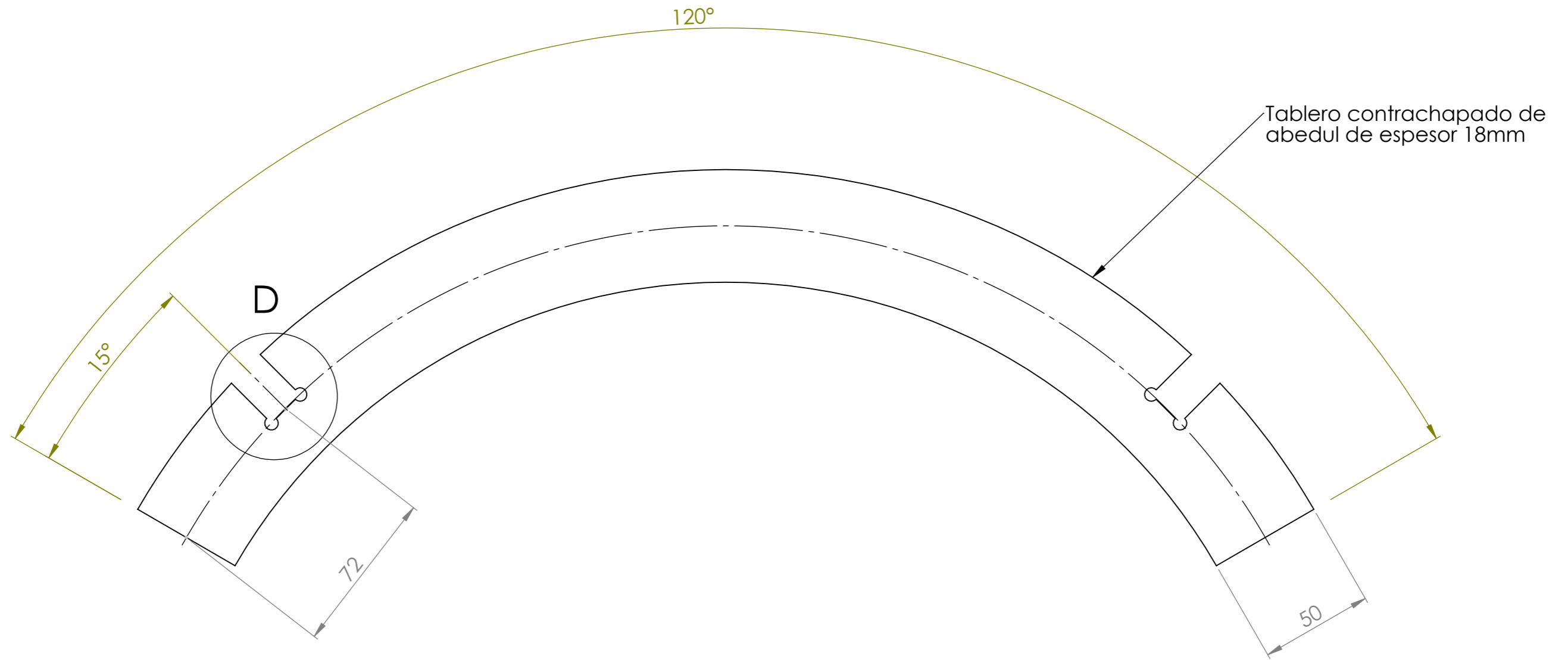
	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/2	Asiento		Pieza nº3



**DETALLE C**

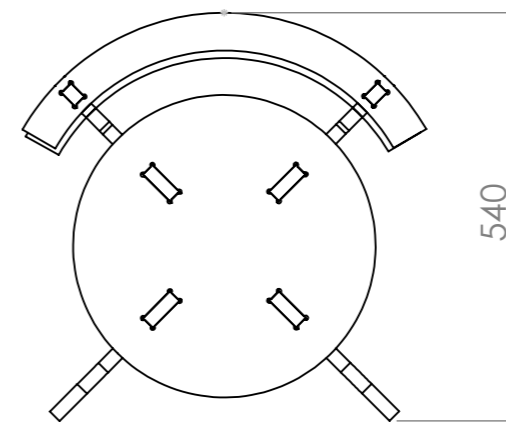
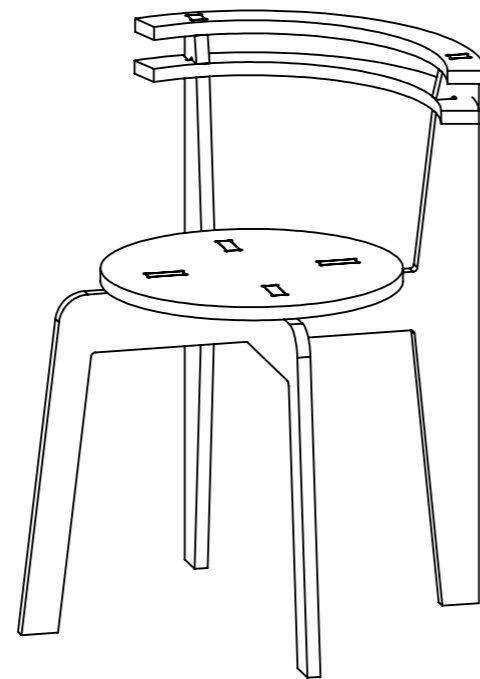
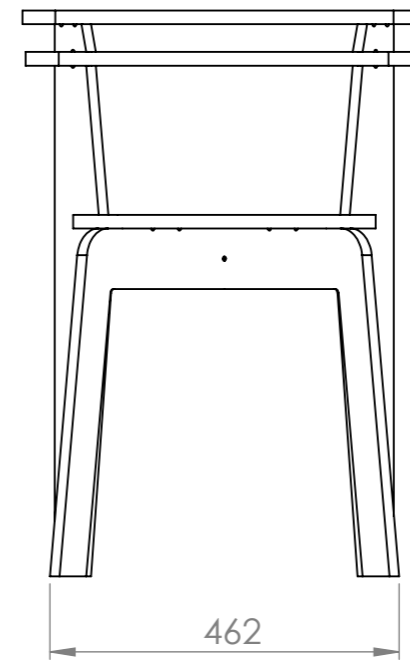
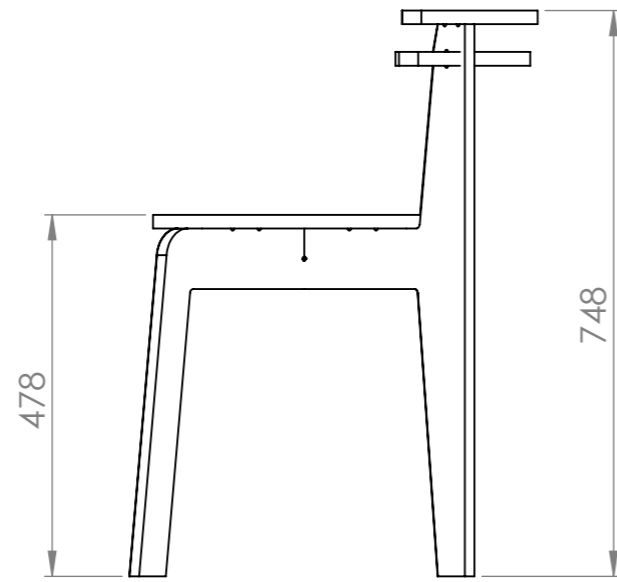
ESCALA 1:1

	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/2	Costilla superior		Pieza nº4



**DETALLE D**  
ESCALA 1 : 1

	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/2	Costilla inferior		Pieza nº5



	fecha		cotas en milímetros
dibujado	27/07/2023		
E: 1/10	Vistas generales		Conjunto





*Fig. 30 Simulación mediante el motor de renderizado V-Ray de la propuesta, mostrando diferentes acabados en función del tipo de material elegido*



Fig. 31 Simulación mediante el motor de renderizado V-Ray de la propuesta, mostrando la pieza en un ambiente de hogar



Fig. 32 Simulación mediante el motor de renderizado V-Ray de la propuesta, mostrando diferentes acabados en función del tipo de material elegido



*Fig. 33 Simulación mediante el motor de renderizado V-Ray de la propuesta, mostrando la pieza en un ambiente exterior*

Estimar un presupuesto preciso para la fabricación de una silla de madera contrachapada puede variar considerablemente dependiendo de una serie de factores, como la ubicación geográfica, las tarifas específicas del trabajador, la calidad y el tipo de madera contrachapada utilizada, las dimensiones de la silla y los detalles del contrato con el diseñador. Sin embargo, a continuación se ofrece un desglose general de los costos que podría suponer la fabricación del producto en España:

1. Materiales:

En España existen varias empresas que ofrecen la venta pormenorizada de productos industriales al público. Las más conocidas podrían ser Leroy Merlin, Bauhaus, BricoMart o BricoDepot. Por ejemplo, en Bauhaus es posible encontrar un tablero de contrachapado de abedul de 2500x1250x18mm por un precio de 99'00€. Estas dimensiones, aptas para la mayoría de máquinas de control numérico de 3 ejes, permitirían la fabricación de piezas suficientes para montar 3 sillas como las del diseño propuesto. Por tanto, el coste total del material sería de 33'33€/silla.

2. Tasa horaria del operario:

En España, la tasa horaria del operario que trabaja con el tipo de máquina que permite hacer el trabajo deseado puede estar entre los 15 y los 48 €/h. Estableciendo un precio medio de 30€/h y teniendo en cuenta que las piezas necesarias para la fabricación de 3 sillas estarían cortadas en 45 minutos, el coste total para la fabricación de una silla según la tasa horaria sería de 7'5€.

3. Royalties del diseñador:

Habitualmente, cuando un diseñador llega a un acuerdo con una editora para que produzca su diseño, este suele cobrar entre un 1% y un 3% de royalties. Sin embargo, al tratarse de un proyecto de código abierto, el diseñador podría poner a la venta la descarga de los archivos necesarios para la fabricación de su diseño al precio que quisiera, o incluso hacerlo gratis. Sin embargo para este caso de ejemplo se dará un precio de 10€/descarga.

Así pues, un desglose del presupuesto para la fabricación de una silla podría ser el siguiente:

- Coste material: 33€
- Tasa horaria del operario: 7'5€
- Royalties del diseñador: 10€

Precio total de la silla: 55'5€

Lecuona, M., Abarca, M., Gaspar, K., (ETSID UPV), (2016), *Paralel 2. Do it yourself*

Norma EN 636. Madera contrachapada. Especificaciones.

Norma EN 12520:2015. Mobiliario doméstico. Sillas. Requisitos de seguridad, resistencia y durabilidad.

Norma UNE-EN 1335-1:2001. Mobiliario de oficina. Sillas de trabajo. Parte 1: Determinación de las dimensiones.

Peters, N., (Taschen), (2022), *Jean Prouvé*

Thompson, R., (Thames&Hudson), (2017), *The materials sourcebook for design professionals*

Thompson, R., (Thames&Hudson), (2007), *Manufacturing processes for design professionals*