



UNIVERSIDAD de VALLADOLID

TRABAJO FIN DE CARRERA



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



ALBA CRUZ GONZÁLEZ
Septiembre-2014



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto



Autor:
Cruz González, Alba

Tutor:
Geijo Barrientos, José Manuel
Dpto. Ciencia de los Materiales,
Expresión Gráfica en al Ingeniería

Valladolid, Septiembre-2014.

RESUMEN

Eco-Chair presenta una nueva forma de comercializar un asiento. Se trata de una silla modular, apta para distintos emplazamientos. Se compone de cinco piezas, de las cuales tres de ellas (asiento, carcasa esférica y pie) se podrán combinar a gusto del cliente.

El objetivo que se pretende lograr con el desarrollo de esta nueva idea, es que el propio cliente pueda crear su silla ideal. El otro objetivo principal, es dejar a un lado la mentalidad actual de "usar y tirar" pudiendo dar uso a la silla con un simple recambio del componente deteriorado sin necesidad de desecharlo todo, pudiendo volver a disfrutar de ella como al principio.

Durante el desarrollo del producto, tanto en sus materiales como en su proceso de fabricación se ha tenido presente el medio ambiente y el impacto que supone este proyecto. Por ello se han escogido procesos con una contaminación mínima y materiales reciclables.

Keywords: ECODISEÑO DE SILLAS



CHAIR

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

En el desarrollo de este proyecto se pretende dar salida a un nuevo concepto de silla modular, teniendo presente en todo momento el medio ambiente y el impacto ambiental que provocaría su fabricación. Para ello se ha tomado como referencia las bases del Ecodiseño, es decir, el uso de materiales reciclables, aprovechamiento máximo de los recursos, así como de los materiales, elección de procesos de fabricación de bajo impacto ambiental, reducción al máximo del embalaje y otra serie de premisas que se irán desarrollando a lo largo del proyecto.

Además de forma implícita, al ser una silla modular en la que se pueden combinar algunos de los elementos a gusto del cliente, permite que éste se sienta integrado en el desarrollo de la silla y haya por consiguiente un acercamiento entre el diseñador y el propio cliente.

Otra idea que se llevará a cabo y que está directamente relacionada con el Ecodiseño es hacer frente a la mentalidad que hay actualmente y que se ha acentuado con el desarrollo de la tecnología, que es la de "usar y tirar". Queramos o no se ha establecido una fecha de caducidad temprana en cualquier producto que adquiramos. Con esta nueva propuesta y al tratarse de una silla modular, el hecho que se deteriore un único elemento de dicha silla no impedirá que ésta deje de usarse, pues el usuario podrá adquirir esa pieza sin necesidad de tener que volver a comprar el kit entero para su uso.

ÍNDICE GENERAL

- MEMORIA.....5
- CÁLCULOS.....75
- PLANOS.....89
- PRESUPUESTO.....91
- CONCLUSIÓN.....105
- INDICE GRÁFICO.....107
- BIBLIOGRAFÍA.....111
- ANEXOS.....115



MEMORIA

ECO 

CHAIR

ÍNDICE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN AL ECODISEÑO.....	7
2. BRIEFING	
2.1. LA EMPRESA	10
2.2. LA EMPRESA Y EL MERCADO.....	10
2.3. EL PROYECTO.....	10
2.4. EL PROYECTO Y EL MERCADO.....	11
2.5. LA EMPRESA Y EL PROYECTO.....	11
2.6. PLAN DE DISEÑO.....	12
3. ESTUDIO DE CAMPO.....	12
4. ECO-CHAIR	
4.1. PROCESO DE DISEÑO.....	18
4.2. ECO-CHAIR.....	19
4.3. ANCLAJE.....	24
4.4. ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO.....	28
4.5. MATERIALES.....	33
4.6. PROCESO TECNOLÓGICO DE OBTENCIÓN.....	39
4.7. SISTEMA DE ANCLAJE DEL ASIENTO.....	59
4.8. RENDERS MONTAJE.....	60
4.9. RENDERS PRODUCTO FINAL.....	64
5. LOGÍSTICA Y PACKAGING	
5.1. LOGÍSTICA.....	65
5.2. PACKAGING.....	65
6. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	
6.1. INTRODUCCIÓN.....	69
6.2. CICLO DE VIDA.....	70
6.3. SISTEMA DE PRODUCTO.....	70
6.4. UNIDAD FUNCIONAL.....	70
6.5. ASPECTO AMBIENTAL DE PRODUCTO.....	70
6.6. IMPACTO AMBIENTAL.....	71
6.7. TRASLADO DEL IMPACTO.....	71
6.8. VENTAJAS Y BENEFICIOS.....	72



.....1. INTRODUCCIÓN AL ECODISEÑO

Se entiende como **ecodiseño** el conjunto de acciones orientadas a la mejora medioambiental de un producto desde la etapa inicial del diseño. Ello se consigue mediante la mejora de su función y la selección de los materiales menos impactantes a usar para su fabricación. También se tiene en cuenta la aplicación de procesos con un mínimo impacto ambiental, mejora en el transporte y uso del producto y la minimización de los impactos en la disposición final del producto.

Por tanto, el **ecodiseño**, también conocido como **diseño ecológico** se entiende como la incorporación sistemática de aspectos medioambientales en el diseño de los productos con el objetivo de reducir su eventual impacto negativo en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida.

Esta nueva mentalidad afecta a aspectos tales como:

- Adquisición de materias primas
- Producción de los componentes
- Ensamblaje del producto
- Distribución
- Venta
- Uso
- Reparación
- Reutilización
- Desecho
- Método de transporte

En todas y cada una de las fases del ciclo de vida del producto (extracción de las materias primas, fabricación, distribución, uso y desecho), deberá estudiarse con cautela el modo de minimizar los consumos (energía, agua, productos químicos, etc.), emisiones (vertidos, gases, residuos...) y contaminaciones (del agua, tierra o aire). Especialmente en el caso de sustancias peligrosas, que deberán ser evitadas en los nuevos diseños buscando alternativas igual de eficaces.

En la fase de desarrollo y fabricación del producto se deberá poner especial atención en la minimización de las emisiones, contaminaciones, así como evitar un consumo excesivo de agua, energía...

La fase de packaging también tendrá que ser realizada con esta mentalidad, es decir, el embalado se debe realizar con la mínima cantidad posible de materiales y procurando que sean en la medida de lo posible materiales reciclados o reciclables.

Todos estos criterios que se acaban de mencionar han de ser tenidos en cuenta en la fase final del producto, en el reciclado, una vez que el producto haya llegado a su vida útil.

El **ecodiseño** se tratará pues, como una metodología para el diseño de productos, en la que se sitúa al medio ambiente en un referente central a la hora de tomar decisiones sobre el desarrollo del producto. Esta metodología conduce hacia una producción sostenible con una utilización racional de los recursos, estando presente en todo momento el **ciclo de vida** del producto; desde la entrada de las materias primas hasta el control de la distribución.



[Imagen 1]

Es importante que la mentalidad del **ecodiseño** se encuentre presente en todas aquellas fases donde se pueda disminuir la generación de residuos y el impacto global ambiental.

Una de las visiones a tener en cuenta es el ahorro, la eficiencia y las ventajas competitivas que se pueden llegar a adquirir tras la aplicación de la metodología del **ecodiseño**:

- Desmaterialización. Integración de funciones (Innovación)
- Reducción de uso de materiales
- Técnicas para optimizar la producción
- Optimización del sistema de distribución
- Reducción del impacto durante el uso
- Optimización de la vida útil
- Optimización del sistema fin de vida

El **ecodiseño** se aplica hoy en día en muy pocos sectores. Quizás sea porque la metodología a seguir es poco conocida y en un principio antes que beneficios suponen costes para la empresa, no obstante presenta muchas ventajas y existen oportunidades de negocio.

Esta metodología de diseño es necesario que empiece a desarrollarse cuanto antes. El diseño debe volver a realizarse con el criterio de que el equipo dure el mayor tiempo posible y acabar con la mentalidad actual, basada en la frase “*usar y tirar*” (cuanto antes) tan presente en nuestra sociedad desde hace tan sólo unas décadas, pero tan firmemente implantada que parece que es lo habitual y común.

Nos hallamos en una sociedad consumista, en la que los hábitos actuales se encuentran reducidos a un período de utilización mínimo, lo que está provocando un desarrollo insostenible a medio y largo plazo como consecuencia del agotamiento, tanto de recursos naturales, como del envenenamiento del medio ambiente.

Por tanto, en base a todo lo expuesto, el diseño debe realizarse para que los productos sean fácilmente reparables y que su reparación sea posible, no teniendo que recurrir de forma obligada a desechar su uso. Por ello se tienen que eliminar las barreras de desmontaje, elementos que para desensamblarlos requieran herramientas especiales.

Por otra parte, dado el elevado coste de la mano de obra de los servicios técnicos, el diseñador debe tener en cuenta en su diseño la facilidad de sustitución de las piezas defectuosas por parte del usuario, reduciendo en la medida de lo posible las intervenciones de los servicios técnicos, lo que proporciona el consiguiente ahorro.

Los productos deben ser diseñados de tal modo que se asegure un reciclado lo más seguro y eficiente posible; ello implica una utilización de materiales cuyos procesos de reciclado permitan un alto porcentaje de recuperación y una total eliminación de las sustancias peligrosas.

El proceso de desmontaje debe ser fácil y rápido, ya que al ser un proceso básicamente manual requiere muchas horas de trabajo. Por ello en la fase de diseño se tienen que tener en cuenta aspectos como:

- Recurrir al mínimo número posible de materiales diferentes en el producto.
- Utilizar el mínimo número de piezas
- Evitar en lo posible piezas de pequeño tamaño
- Utilizar uniones entre componentes y materiales que permitan su fácil separación
- Evitar revestimientos, tratamientos superficiales, etc.

- Fácil identificación de los materiales que lo constituyen (especialmente plásticos) de modo que se facilite su separación. Mediante diferentes colores, marcas claramente distinguibles...
- Prever la posibilidad de utilización al máximo de procesos de desmontaje automáticos, frente a los procesos manuales necesitados de mucha mano de obra.

.....2. BRIEFIG

2.1 LA EMPRESA

Furniture es una empresa pionera en el diseño de mobiliario de todo tipo, interiores, exteriores, oficinas... En los últimos años ha desarrollado una nueva línea de productos, en los que se tiene en cuenta el impacto ambiental que dicho producto puede causar, intentando reducirlo al mínimo. Las principales bases sobre las que se apoya esta nueva rama son la reutilización y reciclabilidad máxima del producto. Esta nueva línea se enmarca dentro de la gama *Eco-Furniture*. Por consiguiente, se ha considerado oportuno denominar a este nuevo producto *Eco-Chair*, dado que el producto que se va a desarrollar es una silla.

2.2 LA EMPRESA Y EL MERCADO

Furniture es una empresa consolidada, con más de 40 años en el sector del diseño de mobiliario. Se encuentra entre las 100 empresas más valoradas de Europa, tiene sedes en varios países. Sin embargo, la gama *Eco-Furniture* no está tan desarrollada y extendida. Por ello, con el lanzamiento de este nuevo producto a desarrollar se pretende dar a conocer en un territorio más amplio. Será enfocada como una gama de productos más económicos y además ofrecerán una serie de ventajas que muchos de los productos actuales no ofrecen, por ejemplo el **recambio de una única pieza** en caso de que ésta se deteriore o sufra algún daño y no pueda ofrecer los usos para lo que ha sido destinada.

2.3 EL PROYECTO

La idea del desarrollo de este producto, surge como necesidad de un cambio inmediato de mentalidad. Es necesario que el sistema de producción y fabricación implantado se modifique y la cultura de “*usar y tirar*”

comience a dejarse a un lado. Con esta idea lo que se pretende conseguir es demostrar a ambas partes, es decir, tanto al empresario como al usuario, que es beneficioso para ambos dicho cambio. Suponiendo un ahorro en la fabricación al empresario y reduciendo el coste final del producto, que afecta directamente al cliente.

2.4 EL PROYECTO Y EL MERCADO

Dentro de la gama *Eco-Furniture* el producto que se va a desarrollar es una *silla*, a la cual se la ha clasificado dentro de la rama *Eco-Chair*. Actualmente sólo se ha desarrollado un modelo de silla, no obstante basadas en el mismo principio se darán lugar a diversos modelos. Este modelo se podrá encontrar en una variada gama de colores.

Por los materiales a emplear y los aspectos positivos que aporta el ecodiseño, será una silla apta para todo tipo de público. También se adapta a cualquier espacio, es adecuada tanto para interiores como para exteriores. Encaja perfectamente como silla para una sala de espera, para la terraza de un bar o para la mesa grande de un salón.

Dado que es una empresa privada, se contará con distintos tipos de distribuidores por lo que estará al alcance de grandes superficies, así como de pequeñas tiendas de mobiliario. Por este motivo y por ser una silla muy versátil que puede encajar con todo tipo de públicos se ampliará el campo de venta, traduciendo este punto como aspecto positivo y ventajoso respecto a la competencia.

2.5 LA EMPRESA Y EL PROYECTO

El desarrollo y diseño de la silla tendrán presente en todo momento las bases sobre las que descansa el *Ecodiseño*. Teniendo en cuenta todos los aspectos, desde el material a utilizar, así como el proceso de reciclabilidad al que será sometido tras el fin de su vida útil. Los procesos de fabricación seleccionados para llevar a cabo la realización de la silla serán los que más se adecúen a los principios fijados, es decir, bajo impacto ambiental y generación mínima de residuos con aprovechamiento al máximo del material.

Entre los requisitos que tiene el proyecto está la optimización de los costes en la fabricación. Es por ello que se tendrá en cuenta el material de los elementos y la elección del método de fabricación.

El producto se diseña para ser producido a gran escala siguiendo la economía de masas.

Para reducir el precio final del producto, se usará todo elemento normalizado que se pueda. Todos los tubos o barras de los que se componga la estructura metálica que sustenta a la silla serán normalizados y serán suministrados por proveedores. Todo el proceso de fabricación será desarrollado por la empresa teniendo en cuenta la normativa y legislación que afecte al diseño en cada momento.

Se establecerán una serie de fases previstas por un cronograma y supervisadas en todo momento con controles intermedios y una revisión final en la que se comprobarán todos los puntos fijados en dicha fase antes de dar paso a la siguiente etapa.

2.6 PLAN DE DISEÑO

Se pretende diseñar un producto con identidad propia, a pesar de que se encuentra dentro de una gama de productos (*Eco-Furniture*). Para ello se va a crear una marca corporativa que represente al producto. Además, se tendrá en cuenta la geometría y colores del producto, y la calidad del mismo.

Se desea obtener un resultado óptimo que satisfaga las necesidades de los usuarios.

.....3. ESTUDIO DE CAMPO

Actualmente existen una gran variedad de sillas, para todo los gustos. Dado los procesos de fabricación que hoy día están desarrollados, se pueden encontrar de cualquier material y en consecuencia de todo tipo de precios.

En este estudio de campo no se van a tratar los distintos tipos de silla que nos podemos encontrar en el mercado o en la diferente gama de materiales en las que se pueden fabricar, sino el tipo de ensamblaje que llevan asociados cada una de ellas.

A diferencia de los distintos y múltiples materiales que se pueden hallar para realizar una misma silla, el mundo de los ensamblajes es muy limitado y nada sofisticado. A lo largo de este estudio de campo, se podrá comprobar que la mayoría de los ensamblajes que ofrecen son con tornillería.

El hecho que dicho sistema sea con tornillería no implica que el usuario pueda montar y desmontar la silla tantas veces como lo desee. No es cuestión que sea la práctica más habitual, ya que en este caso, se da salida a las sillas plegables; sin embargo, sí que se pretende que en caso necesario, ya sea por mudanza, por ejemplo, el usuario tenga la posibilidad de desmontar la silla y posteriormente montarla sin ningún tipo de dificultad.

Ahora es muy frecuente comprar el mobiliario empaquetado y ser el propio comprador el que monte la silla. Esta actividad puede ser entretenida y divertida, pero también se puede convertir en algo arduo y desesperante si no encajan las distintas piezas o bien no se encuentra el tornillo y la tuerca que indican las instrucciones.

1. Silla New Ronda. [Andreu World]

Madera ecológica. Tiene muy en cuenta los criterios del ecodiseño y respeto medioambiental. El proceso de fabricación a usar ha sido el curvado de madera. El ensamblaje empleado es tornillería tradicional.



[Imagen 2: Silla New Ronda]

2. Cardboard child's chair.

Un conjunto de elementos planos de cartón reciclable unidos unos con otros para crear la estructura. El material reciclable y su proceso de fabricación tiene un impacto ambiental mínimo. No apta para la intemperie. La unión es por encaje, sin ningún tipo de adhesivo. Ofrece poca resistencia y estabilidad.



[Imagen 3: Cardboard child's chair]

3. Silla BFK o Butterfly. [Antonio Bonet, Juan Kurchan, Jorge Ferrari]

Estructura metálica con uniones semirígidas. La parte que conforma el asiento es material textil con solapas que se encajan en la propia estructura. Este sistema permite el recambio de la tela en caso de que ésta se deteriore. No posee ningún tipo de fijación entre el asiento y la estructura. Es común en sillas de playa.



[Imagen 4: Silla BFK o Butterfly]

4. Banco madera plegable.

El sistema de anclaje empleado es el más común, anclaje mediante tornillería. Se trata de un sistema rígido y estable, pero no permite el recambio o desmontarlo. Su montaje viene de fábrica.



[Imagen 5: Banco madera plegable]

5. *Silla Standard. [Jean Prouvé]*

Versión desmontable. Material madera contrachapada y acero. Al igual que en el asiento anterior, el sistema de unión entre las distintas piezas es mediante tornillos, sin embargo, en esta ocasión los ensamblajes los puede realizar el usuario.



[Imagen 6: Silla Standard]

6. *Silla de madera.*

En este tipo de sillas, el anclaje de las distintas partes mediante espigas encoladas es muy común. Es una unión fija, que no tiene posibilidad de desmontarse. Normalmente vienen montadas completamente de fábrica. Se trata pues de un sistema de anclaje tradicional y con ciertas limitaciones. Con el paso del tiempo, la madera se reseca y las uniones empiezan a ceder, provocando inestabilidad a la silla.



[Imagen 7: Silla de madera]

7. *Mosquito Chair. [Michael Bihain]*

En este caso, no existe ningún tipo de anclaje. No hay sistema de unión entre una pieza y otra, pues es una sola lámina de madera curvada que conforma la propia silla en su conjunto. Este tipo de silla destaca por tener un peso estético de gran importancia.



[Imagen 8: Mosquito Chair]

8. Silla grupo OJA Design.

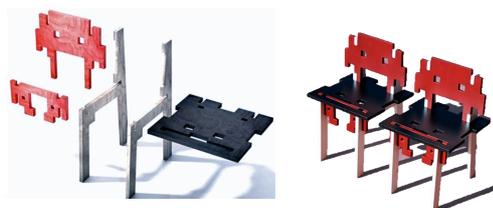
El objetivo es diseñar muebles que se puedan plegar en su transporte. No se necesita ningún tipo de herramienta para montar. El anclaje es mediante encajes, sin necesidad de usar cualquier tipo de tornillo o similar. Este sistema minimiza los residuos en la producción. Inconveniente: con el tiempo, los encajes cederán y la silla dejará de ser estable.



[Imagen 9: Silla grupo OJA Design]

9. Space Invader Chair.

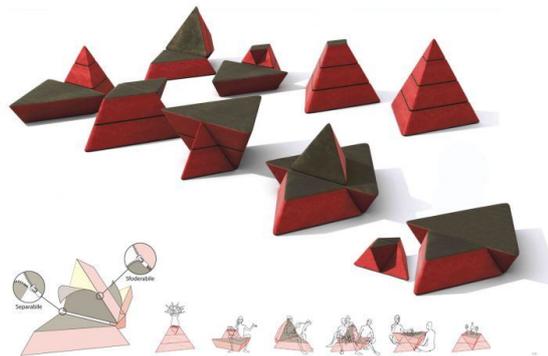
No sólo el sistema de encajes es empleado en sillas de madera, sino también pueden ser usadas en sillas de otros materiales, por ejemplo plástico. Normalmente este tipo de sillas (tanto las de madera como las de plástico) son destinadas a un uso infantil.



[Imagen 10: Space Invader Chair]

10. Poltrona Cleo. [Jessica Zannori]

Aparte de los sistemas de anclaje vistos hasta el momento, también se pueden encontrar otros menos convencionales, tal como este asiento. Su sistema de unión es una cremallera que permite diversas combinaciones dando lugar a un asiento versátil y atractivo.



[Imagen 11: Poltrona Cleo]

Conclusión:

Hay muy pocos tipos de anclajes y los existentes son bastante tradicionales y poco innovadores. Lo que se pretende desarrollar y mostrar con *Eco-Chair*, es un asiento compuesto por diferentes módulos cuyos sistemas de unión entre dichos módulos no empleen el sistema convencional y permitan ser desmontables y que sea el propio usuario el que pueda montarlos, haciéndole sentir cómplice de la fabricación de la silla que ha adquirido.

.....4.ECO-CHAIR

4.1 PROCESO DE DISEÑO

Primero se ha procedido a establecer una serie de premisas y requisitos con los que se pretende que se identifique el diseño de esta silla.

No tiene un emplazamiento principal, pues es apta para cualquier espacio, interiores o exteriores, salas de espera... por ello se ha querido dotar de una serie de características que permitan ubicarla en cualquier espacio. Debe ser resistente, capaz de soportar posibles malos usos en caso de que los hubiera y resistir a la intemperie, presentar resistencia a la corrosión y que sea fácil de limpiar.

Al tratarse de una silla y además sin apoyos móviles, debe ser fácil de mover por una única persona sin necesidad de ayuda, por lo que tiene que ser ligera pero a la vez estable. La ligereza y estabilidad se intentan conseguir en este diseño mediante una estructura sencilla compuesta por tres elementos: un pie, una barra y un soporte en forma de ala de mariposa.

El hecho de que se plantee un diseño para el pie de base circular no quiere decir que no se trate de una silla estable, puesto que sus uniones y diámetro y espesor del tubo hace que el peso esté perfectamente distribuido, dando lugar a una estructura isostática y totalmente segura.

En cuanto a su forma, se ha intentado que la silla tenga un elevado grado de continuidad, lo que le aporta una sensación de ligereza acentuada por su fino espesor. La característica de continuidad se pretende resaltar obteniendo tanto el asiento como el respaldo de una plancha de plástico (polipropileno) cortado con láser con la geometría correspondiente y se conforman posteriormente mediante una serie de dobleces que quedan detallados tanto en los planos (3.PLANOS) como en el apartado 4.6. *Proceso tecnológico de fabricación.*

A los conceptos de ligereza y continuidad se le quiere asociar una tercera característica de forma implícita, la estética minimalista de la misma. A pesar de su sencillez se quiere cumplir con su compromiso de confort.

Con respecto al transporte, se considera que una de las características imprescindibles es que se trata de una silla modular y por tanto

completamente desmontable, reduciendo su embalaje de transporte al mínimo. Además el asiento y el respaldo son una pieza única y dado el ángulo de inclinación que presenta el respaldo respecto al asiento permite que estas piezas sean apilables, lo cual supondrá un ahorro significativo en cuanto a logística. Será el propio usuario el encargado de montar la silla.

Por tanto y a modo de resumen de todo lo expuesto con anterioridad, las premisas fundamentales en las que se basa este producto son: durabilidad, ligereza, estabilidad, ergonomía, viabilidad, apilabilidad y compromiso con el medio ambiente, dando lugar a un diseño que contribuye con la **sostenibilidad**.

En cuanto a los materiales, siguiendo con las características de ligereza y resistencia, se le suma la idea de que sea higiénico. Por ello, los materiales que se han seleccionado para el diseño de la silla han sido polipropileno para el asiento y el respaldo (pieza única), acero galvanizado para la estructura tubular del ala de mariposa y pie y acero cromado para la barra principal que le da altura a la silla.

El tipo y demás características de estos materiales serán explicados con más detalles en apartados posteriores.

4.2 ECO-CHAIR

Eco-Chair nace de la necesidad de una mejora del medio ambiente. Actualmente todos los productos, ya sean electrónicos o no, están destinados para prestar servicio un tiempo limitado y tras finalizar su vida útil no pueden ser reutilizados ni pueden cumplir otra función.

En consecuencia, se ha considerado necesario desarrollar un producto, como es una silla, a través del cuál se pueda demostrar que el impacto al medio ambiente puede ser mínimo si se desea, teniendo en cuenta simplemente aspectos como son la elección del material o el proceso de fabricación. Con todos estos objetivos se presenta **Eco-Chair**.

Eco-Chair es una gama de sillas cuya principal característica es que son modulares. Se trata de una silla que tiene como objetivo ser montada por el usuario, se compone de cinco piezas: respaldo y asiento que conforma una única pieza y las otras cuatro restantes componen la estructura que sustenta a la silla. Una pieza es el pie, otra la barra de acero, el ala de

mariposa que refuerza el asiento y la carcasa esférica que actúa de elemento de unión entre la barra de acero y el ala de mariposa.

1. **Silla:** pieza única conformada por respaldo y asiento. Es de plástico, concretamente polipropileno. Tiene una forma geométrica y continua por obtenerse ambas piezas (respaldo y asiento) de láminas de plástico de 8mm de espesor cortadas por láser, posteriormente dobladas y finalmente unidas por soldadura mediante placa caliente.

Dado que el material es plástico, se comercializa en una gama amplia y variada de colores, adaptado a todos los gustos.



[Imagen 12: Render silla]

2. **Ala de mariposa:** estructura metálica tubular de acero galvanizado que va soldada a un aro del mismo material. Se ubica debajo del asiento, y es la parte de la estructura que refuerza el asiento y hace frente al peso distribuido en dicho asiento.



[Imagen 13: Render ala de mariposa]

En el interior del tubo de 13.5mm de diámetro se encuentra una pieza a la que designaremos “*aleta de tiburón*”. La aleta de tiburón sobresaldrá por la ranura del ala de mariposa y conformará parte del

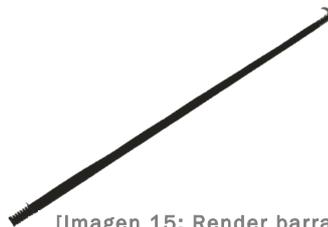
anclaje de la silla. Este sistema será explicado posteriormente con detalle.

3. **Carcasa esférica:** tercera pieza de la silla, ésta es de material plástico, de polipropileno también. Se obtiene por el proceso de inyección y actúa como elemento de unión entre el ala de mariposa y la barra de acero. La unión al ala de mariposa se realiza mediante dos pestañas (*snap-fits*), y la unión con la barra de acero se realiza mediante rosca.



[Imagen 14: Render carcasa esférica]

4. **Barra de acero:** se trata de una barra de acero cromado que tiene sus extremos roscados. Uno de los extremos se rosca a la carcasa esférica anteriormente descrita y el otro extremo al pie de la silla. Esta barra es la que proporciona altura a la silla.



[Imagen 15: Render barra acero]

5. **Pie:** es la base de la silla. Tiene forma de espiral. El material es igual que el del ala, acero galvanizado. En el centro tiene un agujero sobre el que va roscado la barra de acero.



[Imagen 16: Render pie]

El resultado final que se pretende conseguir sería:



[Imagen 17: Render resultado final]

El hecho de que sea un producto modular permite una mayor personalización de dicho producto, pues tanto la carcasa como el asiento, se comercializarán en distintos colores pudiendo elegir el cliente la combinación que más le guste. De esta manera nos acercamos más al gusto del consumidor y éste siente el producto como algo suyo, propio, exclusivo, con un toque personal. Se pretende conseguir que el usuario se sienta parte del proceso de desarrollo de la silla.

Otra característica a destacar es el sistema de unión. Como se ha podido comprobar en la descripción de los distintos elementos, la unión de unos con otros se realiza mediante técnicas en las que no se emplea la tornillería. El hecho de que no haya ningún tipo de tornillería, sino que las uniones entre los distintos elementos se hagan mediante encajes o roscas facilita el montaje al usuario. Además esta característica también es importante cuando se quiera desmontar la silla, bien porque el usuario desea transportarla a otro lugar o bien porque quiere cambiar el asiento, el pie, la carcasa esférica... El sistema de unión elegido facilita esta actividad.

Centrándonos en el sistema de unión se van a describir brevemente los tres tipos de uniones que hay presentes en la silla.

1º) Unión **Pie-Barra de acero**: se basa en una unión mediante rosca. El pie sería la hembra, es decir, tiene un agujero de métrica 24 (M24) y una profundidad de 25mm; la barra de acero sería el macho, tiene un diámetro de 24mm también y una longitud de 25mm. Estas características se explican en el apartado de planos (3.PLANOS).

La unión **carcasa esférica-barra de acero** presenta el mismo sistema de unión.

2ª) Unión **carcasa esférica-ala de mariposa**: en este caso la unión se realiza mediante unos anclajes denominados *snap-fits*. La carcasa esférica posee dos pestañas de este tipo y se encajan en las dos hendiduras que posee el aro del ala de mariposa. Las hendiduras son el negativo de los *snap-fits*.

Para su posterior extracción, sólo es necesario que el usuario aplique una fuerza de tracción sobre la carcasa. Las pestañas “snap-fits” al ser de polipropileno son flexibles y no presentarán gran resistencia para extraerlas.



[Imagen 18: Render unión carcasa-ala]

3º) Unión **ala de mariposa-silla**: esta unión es la más innovadora; el ala de mariposa cuenta con una pieza a la que se ha denominado “*aleta de tiburón*” que va fijada al ala de mariposa. La silla cuenta con una pieza de plástico que tiene una hendidura sobre la que irá encajada la aleta de tiburón. Este sistema de anclaje como ya se ha dicho anteriormente será explicado con más detalle en el apartado siguiente (4.3 ANCLAJE).

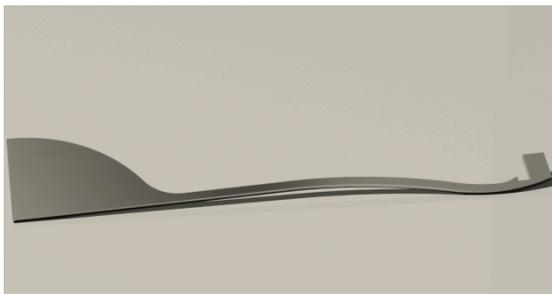


[Imagen 19: Render unión ala-silla]

Eco-Chair se puede describir por tanto, como una silla innovadora por su sistema de anclaje y que contribuye al desarrollo del ecodiseño por los materiales escogidos y procesos de fabricación seleccionados. Durante su desarrollo se ha tenido en cuenta en todas las fases al medio ambiente y el impacto que se provoca sobre él. Por eso creemos, que *Eco-Chair* cuenta con un punto positivo desde su nacimiento y ello lo transmitiremos durante todo su desarrollo para que llegue hasta el cliente.

4.3 ANCLAJE

El sistema de unión entre el asiento y la estructura de metal se basa en un mecanismo sencillo, en la que los tornillos no tienen cabida. Dicho mecanismo está constituido por una clavija de metal; ésta tiene un extremo en forma de aleta de tiburón, que es la que asoma en la cavidad que hay en el tubo de la estructura y tiene forma elíptica; el otro extremo tiene una forma de gancho el cual se encaja en una pequeña perforación que existe en la propia estructura.

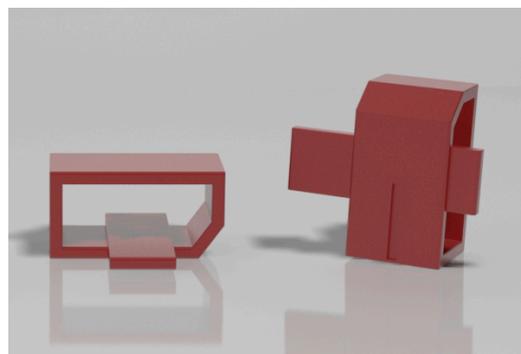


[Imagen 20.A: Render aleta de tiburón]



[Imagen 20.B: Render simulación interna]

El asiento dispone de unas piezas de plástico que llevan asociadas unas aletas. Dichas aletas se mueven de forma holgada por las ranuras que presentan los laterales de la silla. Para terminar de definir esta pieza hay que decir que la parte inferior (parte no vista) posee una ranura en la base, ranura en la que irá encajada la aleta de tiburón que se ha descrito con anterioridad.



[Imagen 21: Render pieza de plástico]

Una vez definido las distintas partes que componen el anclaje, pasemos a explicar su funcionamiento. Antes de proceder a la descripción hay que decir que el mecanismo se encuentra ubicado en las partes laterales de la silla.

Como se ha explicado anteriormente, la pieza que denominaremos "*aleta de tiburón*", se encuentra alojada en el interior de la estructura metálica. Cuando la estructura de alas de mariposa es introducida por el usuario en los railes del asiento de la silla, las aletas de tiburón alojadas en cada uno de los laterales de las alas se introducen en su interior ejerciendo una fuerza de compresión en la cavidad que existe y sobre la que está encajada el otro extremo del ala de tiburón. Esta fuerza deja de ejercerse cuando el extremo saliente de la aleta sale a la superficie de nuevo. En este caso habrá quedado encajada en la ranura de la pieza de plástico que se encuentra en el asiento, quedando inmóvil la chapa de plástico, pues hace tope con las aletas de las que dispone.

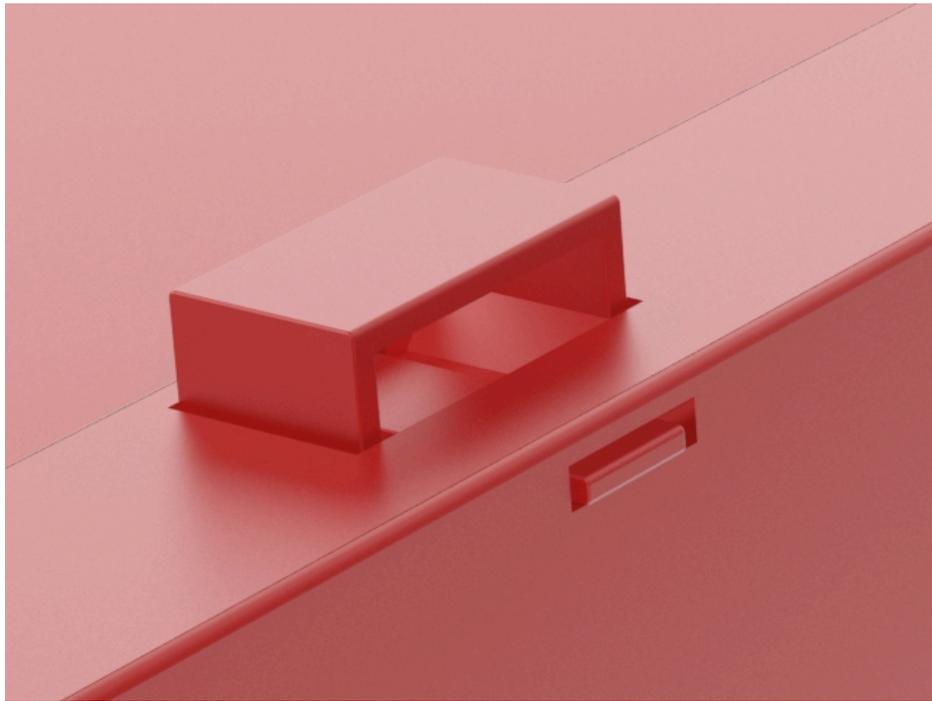


[Imagen 22: Render resultado final del anclaje]

A continuación, se muestra a través de unas imágenes y explicaciones como sería exactamente el mecanismo:

1º) La pieza de plástico se introduce a presión sobre las hendiduras que existen en el asiento, en su parte inferior. Esta pieza viene colocada de fábrica y no tiene opción a ser extraída. Las alas que sobresalen en la pieza de plástico y quedan encajadas en las perforaciones laterales permiten un pequeño movimiento de tal forma que la pieza queda holgada.

El movimiento de esta pieza quedará bloqueado cuando la aleta de tiburón alojada en el ala de mariposa quede encajada sobre la ranura interna de dicha pieza. (*Estos detalles se han explicado con anterioridad*)



[Imagen 23: Render pieza de plástico encajada]

2º) Como se ha explicado con anterioridad el ala de mariposa cuenta en su interior con una pieza que se ha denominado " *aleta de tiburón* ". La introducción de dicho elemento en el interior del ala de mariposa se hace de la siguiente manera; a través de la hendidura con forma elíptica se introduce la aleta y se encaja en la perforación que existe en el ala de mariposa quedando ésta inmóvil.



[Imagen 24.A: Render introducción aleta de tiburón]

En la hendidura que se muestra en la imagen quedaría encajada la aleta a presión.



[Imagen 24.B: Render aleta de tiburón encajada]

En la imagen siguiente se puede ver la disposición final que tendría el anclaje junto con la pieza de plástico que se halla en el asiento.

Se ha puesto el tubo transparente para que se pueda ver la colocación interna.



[Imagen 25: Render colocación final]

En el caso de que el usuario quiera desmontar la silla porque quiera trasportarla a otro lugar o bien porque desea sustituir el asiento por otro modelo diferente de los que *Eco-Chair* ofrece, podrá hacerlo sin ningún tipo de dificultad. Simplemente deberá aplicar el procedimiento inverso, es decir, deberá ejercer una fuerza de compresión sobre las piezas de plástico del asiento simultáneamente y deslizar la estructura. Cuando ejerza dicha fuerza los extremos salientes del ala de tiburón volverán a introducirse en el interior de la estructura metálica dejando nuevamente la pieza de plástico libre y su parte móvil holgada.

4.4 ESTUDIO ANTROPOMETRICO

El objetivo principal de una silla es que las personas que hagan uso de ella mantengan una postura sedente y cómoda, pues permite reducir la fatiga corporal y mejorar el desarrollo de las actividades que pueda realizar con los miembros superiores. Sin embargo, todo ello puede verse afectado si la postura del usuario no es la adecuada, debido a unas dimensiones inapropiadas de la silla.

Para determinar cuales son las dimensiones adecuadas se recurrirá a la antropometría, que es la rama de las ciencias humanas que está relacionada con las medidas corporales tales como la altura, la forma y la resistencia del cuerpo humano. A la hora de establecer dichas medidas se debe tener en cuenta que existe variabilidad entre los diferentes colectivos, por eso se emplearán valores medios, porcentajes de la población (percentiles) que poseen un valor del parámetro a considerar.

La silla debe estar dimensionada de manera que pueda cumplir su misión de la forma más eficaz posible y que se adapte al mayor rango posible de usuarios independientemente de su altura, peso, etc. Además se debe tener en cuenta que debe permitir que una persona se siente de manera confortable y no le suponga molestia por largos períodos de tiempo, como es el caso de sillas de oficina o salas de espera de organismos públicos o privados, por lo que la forma es un parámetro que cumple un papel primordial en el diseño ergonómico de dicho objeto. *“Form follows function”*.

Por tanto, con el estudio antropométrico que se va a realizar sobre la silla se pretende que el resultado sea un asiento ergonómico, que el usuario mantenga una buena postura sedente en el trabajo, en la espera o simplemente en el reposo. Esto disminuirá la tensión de la columna vertebral y favorecerá la circulación de las extremidades inferiores.

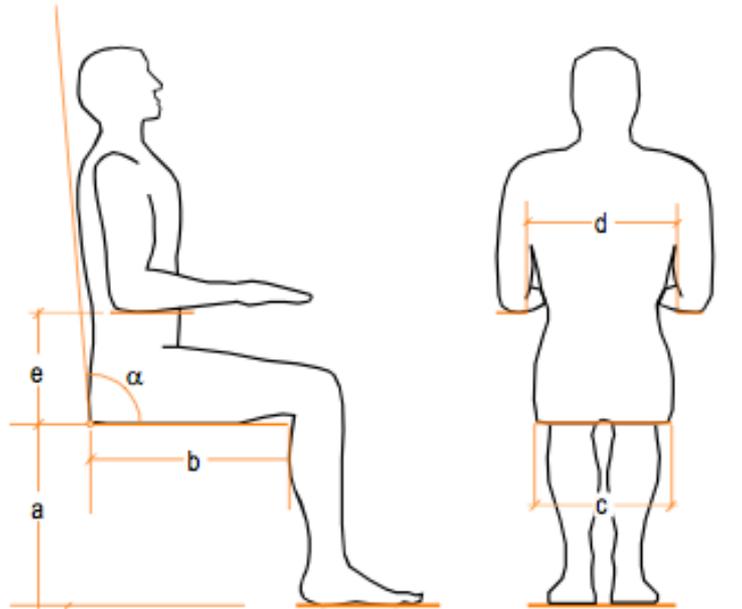
4.4.1 ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE UNA SILLA:

- **Altura del asiento:** la altura ideal es la que permite que la persona al sentarse con los pies planos sobre el suelo, tengo los muslos en posición horizontal, formando un ángulo con el cuerpo de 90° o 110° aproximadamente.
- **Forma del asiento:** el asiento debe tener una superficie lo más plana posible, con un pequeño redondeo en el borde delantero que evita la compresión cortante en la parte inferior del muslo.
- **Respaldo de la silla:** debe dotar a la espalda de un soporte que recoja parte del peso del cuerpo, por ello debe acoplarse convenientemente al perfil de la columna vertebral, sin impedir la movilidad necesaria para que el usuario realice cambios de posición sin dificultad mientras se halla sentado.
El respaldo debe llegar hasta la parte media de la espalda, por debajo de los omóplatos y de no debe ser demasiado ancho en su parte superior para permitir el libre movimiento de los brazos.
- **Estabilidad de la silla:** obviamente debe ser estable, con el fin de evitar movimientos no deseados de la misma cuando el usuario realice modificaciones en su postura corporal. También es importante que las sillas puedan desplazarse con esfuerzos mínimos, por lo que debe ser ligera en la medida de lo posible.
- **Reposabrazos:** no todas las sillas lo llevan, no son imprescindibles. Este elemento tiene varias funciones, la principal es facilitar los cambios de posturas y ayudar a la acción de levantarse y sentarse de la silla, sin embargo también sirven para dar apoyo a los hombros y los brazos y dar estabilidad a la mano.
En cuanto a su altura, respecto del suelo deben permitir que el usuario pueda acercar el asiento a la mesa.
- **Materiales, revestimientos, colores y tapizados:** los colores más seleccionados por los usuarios son el rojo, el azul, el negro o el naranja, pero la estética es un tema muy subjetivo y dependiente del usuario. Lo consideraremos un aspecto poco relevante en cuanto a la ergonomía del usuario.

4.4.2 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS:

Una vez analizados los parámetros a tener en cuenta, se van a establecer las medidas principales que debe tener la silla para que ésta sea confortable y se adapte perfectamente a las necesidades del ser humano. En la figura se

han señalado los parámetros antropométricos de interés para un cuerpo sedente.



[Imagen 26: Medidas antropométricas]

- **Altura del asiento [a]:** determinada por la altura poplíteo. El ángulo entre el muslo y la pierna es de 90° , por tanto atendiendo a esta variable, la norma ISO 9241 aconseja un rango de alturas entre 420-530mm.
- **Longitud del asiento [b]:** determinada con la distancia entre el extremo del glúteo y el pliegue poplíteo (corva). Se trata de un factor determinante para un uso confortable, pues si la distancia es excesiva, el borde anterior del asiento puede comprimir la zona poplíteo, interrumpiendo así la circulación sanguínea. Si se da esta situación, normalmente el usuario tiende a desplazarse hacia delante y la espalda queda sin el apoyo debido. La norma ISO 9241 recomienda que el valor oscile entre el rango de 400-430mm.
- **Anchura del asiento [c]:** se relaciona directamente con la anchura de las caderas del usuario. La norma ISO 9241 establece un rango entre 430-490mm. Según el *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* de USA, la mayoría necesita entre 457-508mm, por lo que las medidas que ha determinado la norma ISO 9241 son

más que suficientes, teniendo en cuenta que la anatomía de los españoles es menor.

- **Anchura entre los apoyabrazos [d]:** determinada por la anchura entre los codos. A la hora de determinar esta medida intervienen otras como la anchura del asiento. La anchura según la norma ISO 9241 tiene que tener un valor mínimo de 60mm y se debe dejar una distancia mínima de 100mm hasta el borde del asiento.
- **Altura del apoyabrazos [e]:** se referencia con respecto a la altura sobre el plano del asiento y se determina por la altura del codo en posición sedente. La norma ISO 9241 establece un rango entre 180-200mm
- **Ángulo entre el asiento y el respaldo [α]:** debe ser superior a 90°. La norma española ISO 9241 recomienda 95°-100°. Cuanto mayor sea dicho ángulo, menor será la compresión sobre la pelvis y las vértebras lumbares.
- **Superficie del asiento:** recomendable que sea plano o en su defecto ligeramente cóncavo. Se deben evitar las formas. También se aconseja que el borde anterior esté redondeado para evitar así la presión sobre los vasos del muslo.
- **Respaldo:** debe ser curvado con una altura mínima de 500mm aproximadamente. La curva que presenta debe servir de apoyo a la curva lumbar, ya sea en descanso o en posición de trabajo.

En la tabla siguiente se recogen todas las medidas de los parámetros a tener en cuenta según la norma ISO 9241 que se acaban de mencionar:

VARIABLES A CONSIDERAR	NORMA ISO 9241
Altura del asiento (mm)	420-530
Longitud del asiento (mm)	400-430
Anchura del asiento (mm)	430-490
Anchura entre los apoyabrazos (mm)	Mín. 60

Altura del apoyabrazos (mm)	180-200
Ángulo entre el asiento y el respaldo	95°-100°
Acolchado (mm)	20-30
Altura respaldo (mm)	450-510
Anchura respaldo (mm)	Mín. 420
Longitud útil reposabrazos (mm)	Mín. 200
Separación interna reposabrazos (mm)	460-500
Distancia apoyabrazos al borde delantero asiento (mm)	Mín. 100
Altura apoyabrazos sobre el suelo (mm)	Máx. 660
Inclinación del respaldo	-2°/-4°
Bordes redondeados	Sí

[Tabla 1: Resumen de datos]

Una vez concluido el estudio antropométrico de una silla, procederemos a establecer las medidas finales de **Eco-Chair**.



[Imagen 27: Render medidas básicas]

4.5 MATERIALES

4.5.1 POLIPROPILENO

El material escogido para la silla ha sido **POLIPROPILENO (PP)**.

En la actualidad el polipropileno (PP) es uno de los plásticos termoestables más comercializados por todas las empresas, ya que su diversidad de uso lo permite.

El polipropileno (PP) es un poliolefínico termoplástico semicristalino que se desarrolló sobre la década de los 70. Dado sus múltiples aplicaciones es considerado uno de los productos termoplásticos con mayor desarrollo en el futuro.

Estructuralmente es un polímero vinílico que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estereoespecífico. Se puede hacer a partir del monómero propileno mediante la polimerización Ziegler-Natta y por polimerización catalizada por metallocenos.



[Imagen 28: Estructura molecular polipropileno]

Dado sus múltiples usos y gran aceptación se ha desarrollado con gran rapidez; ha ganado una amplia aceptación para el uso en aplicaciones corrosivas, incluso se ha seleccionado como material para reemplazar tanques y otros recipientes fabricados a partir de metales especiales como el acero inoxidable por motivos tales como la reducción de costos y los beneficios de ahorro de costes a lo largo de la vida útil de dichos equipos.

Este material proporciona una serie de cualidades superiores en comparación con otros plásticos de la misma rama. Es el plástico más versátil y eficaz de costes en comparación con otros materiales termoplásticos, además cumple una doble tarea, como plástico y como fibra.

En cuanto a sus características y propiedades mecánicas diremos que el termoplástico polipropileno (PP) presenta buena resistencia al impacto, dureza superficial, estabilidad dimensional y excelente resistencia a la abrasión y a la intemperie. Además presenta un buen comportamiento bajo tensiones y estiramientos, elevada resistencia mecánica y flexibilidad, coeficiente de expansión térmica lineal muy reducido y buenas propiedades químicas y de impermeabilidad. Su reducida cristalización hace que no afecte el resquebrajamiento causado por tensiones ambientales.

Aparte de todas las características que se acaban de mencionar, cabe añadir que se trata de un plástico inerte, fácil de reparar y totalmente reciclable. Su incineración no tiene efectos contaminantes y la tecnología de producción que emplea es la de menor impacto ambiental. Todas ellas son cualidades atractivas frente al resto de materiales alternativos.

Como ya se ha comentado, este material tiene múltiples usos: artículos domésticos, envases, carrocerías moldeadas, baterías, parachoques, muebles de jardín, jeringuillas, frascos, prótesis; a todo ello le sigue una larga y extensa lista de productos.

Los beneficios que presenta este material no sólo son con respecto a sus propiedades mecánicas, también tiene un fácil mecanizado y corte, su mantenimiento y limpieza es sencillo, excelentes propiedades de aislamiento térmico y propiedades dieléctricas y larga vida útil.

A continuación se muestran las tablas donde se expresan numéricamente las propiedades del polipropileno mencionadas con anterioridad:

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Constante dieléctrica @1MHz	2,2-2,6
Factor de disipación a 1MHz	0,0003/0,0005
Resistencia dieléctrica (kV mm ⁻¹)	30-40
Resistividad superficial (Ohm/sq)	10 ¹³
Resistividad de Volumen a ^C (Ohmcm)	10 ¹⁶ -10 ¹⁸

PROPIEDADES TÉRMICAS

Calor específico (JK ⁻¹ kg ⁻¹)	1700-1900
Coefficiente de expansión térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	100-180
Conductividad Térmica a 13°C (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,1-0,22
Temperatura máxima de utilización (°C)	90-120

Temperatura mínima de utilización (°C)	-10-a-60
Temperatura de deflexión en caliente	100-105
RESISTENCIA QUÍMICA	
Ácidos concentrados	Buena
Ácidos diluidos	Buena
Alcalís	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena
Grasas y aceites	Aceptable
Halógenos	Mala
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable
PROPIEDADES FÍSICAS	
Absorción del agua-Equilibrio %	0,03
Densidad (g/cm ³)	0,9
Índice refractivo	1,49
Índice de oxígeno límite (%)	18
Inflamabilidad	Combustible
Resistencia a los Ultra-violetas	Aceptable
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Alargamiento a la Rotura (%)	150-300
Coeficiente de fricción	0,1-0,3
Dureza-Rockwell	R80-100
Módulo de tracción (GPa)	0,9-1,5
Resistencia a la abrasión	13-16
Resistencia a la tracción (MPa)	25-40
Resistencia al impacto	20-100

[Tabla 2: Propiedades polipropileno]

4.5.2 METAL

La estructura que sustenta la silla se compone de cuatro piezas, el ala de mariposa que soporta el asiento, la carcasa esférica que actúa de elemento de unión entre el ala de mariposa y la barra de acero, y la última pieza, el pie sobre el que recae todo el peso de la silla. A continuación se explicará detalladamente el material de cada una de las partes.

Para la realización del **ala de mariposa**, se ha optado por el uso de un tipo de acero tubular del comerciante AREQUIPA de 13.5mm de diámetro y

espesor 2mm. Al ser un diámetro de tubo comercial nos permite ahorrar costes de producción, puesto que, no se tendría que invertir ni tiempo ni dinero en la fabricación del propio tubo de acero, sino que se compra directamente al fabricante. Todos estos ahorros se verán reflejados en el precio final del producto.

El pie será del mismo material que las alas de mariposa, acero galvanizado. El fabricante también será AREQUIPA. En esta ocasión, el tubo tendrá un diámetro de 17.2mm y un espesor de 2mm.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

DESIGNACIÓN NOMINAL	Dimensión Exterior (mm)	Serie Liviana (L)		Serie Standard (S)		Serie Mediana (M)		Serie Pesada (H)	
		Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)
1/4"	13.5			2.0	0.570				
3/8"	17.2			2.0	0.742				
1/2"	21.3	2.00	0.947	2.3	1.080				
3/4"	26.9	2.00	1.228	2.3	1.390				
1"	33.7	2.60	1.980	2.9	2.200				
1 1/4"	42.4	2.60	2.540	2.9	2.820				
1 1/2"	48.3	2.65	2.983	2.9	3.240				
2"	60.3	2.90	4.080	3.2	4.490				
2 1/2"	73.0	3.00	5.179	3.2	5.730	3.6	6.420	4.5	7.930
3"	88.9	3.20	6.720	3.6	7.550	4.0	8.360	5.0	10.300
4"	114.3	3.60	9.750	4.0	10.800	4.5	12.200	5.4	14.500
5"	139.7					5.0	16.600	5.4	17.900
6"	165.1					5.0	19.800	5.4	21.300

* Fabricación bajo pedido.

[Imagen 29: Tabla dimensiones y pesos nominales]

Para la barra, se ha escogido un acero cromado para la parte central que es lisa. Son barras de acero normalizadas, cuyo fabricante es ACIL. Su diámetro es 25mm y la clase de acero: SAE 1045.



[Imagen 30: Acero cromado. SAE 1045]

En cuanto a la parte de la barra que va roscada, también se trata de una barra normalizada basada en la norma DIN 975 y comercializada por ROSMIL, de métrica M24 y paso P3; roscado a derechas con un recubrimiento de zinc.

Centrándonos en el material del *ala de mariposa*, el acero galvanizado ofrece alta resistencia a la corrosión. Esto lo hace un material bastante idóneo para la fabricación de la silla, pues permite que **Eco-chair** sea apto tanto para espacios interiores como exteriores, oponiéndose a la humedad en caso de que sea expuesta a la intemperie.

Además de eliminar cualquier tipo de mantenimiento del tubo, proporciona una elevada resistencia mecánica y hace que el metal sea fácil de pintar en caso de que le usuario quiera modificar el color de la estructura en algún momento determinado.

El acero elegido posee las siguientes características:

- Resistencia a la tracción: 320-520 Min, N/mm².
- Elongación mínima: 15%
- Tolerancias dimensionales-Espesor mínimo: -12.5% del espesor nominal.
- Diámetros y espesores: Según la norma ISO 65. Además, el color del acabado por galvanizado para el acero al carbono le aporta un color apropiado a la estructura, sin darle un excesivo brillo como podría pasar con otros acabados.

PROPIEDADES FÍSICA

Densidad	580kg/m ³
Contracción	Medianamente nerviosa
Coefficiente de contracción	6.0%
Dureza	---

PROPIEDADES MECÁNICAS

Flexión estática	95N/mm ²
Módulo de elasticidad	9.500N/mm ²
Compresión axial	44N/mm ²

Compresión perpendicular	---
Cortante	---
Flexión dinámica	---

[Tabla 3: Propiedades acero galvanizado]

Los tubos de acero galvanizado llevarían un revestimiento epoxi en polvo, con un acabado mate, para mejorar por un lado la durabilidad de la estructura y por otro lado la apariencia estética.

La barra cromada es una barra de acero macizo (SAE 1045) que está recubierta en su superficie por una delgada capa de cromo. Esta barra recibe un tratamiento térmico de temple por inducción antes de aplicar la capa de cromo, haciéndola de esta manera más resistente a los impactos. Las barras cromadas, por su resistencia, dureza y su superficie suave, son un producto excelente para transmitir fuerza. Este acero posee las siguientes propiedades:

Mecánicas:

- Dureza 163 HB (84 HRb)
- Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI) Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
- Elongación 16% (en 50 mm)
- Reducción de área (40%)
- Módulo de elasticidad 205 GPa (29000 KSI)
- Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

Físicas:

- Densidad: 7.87 g/cm³

Químicas:

- 0.43 – 0.50 % C
- 0.60 – 0.90 % Mn
- 0.04 % P máx.
- 0.05 % S máx.

Otros:

- Espesor capa de cromo: 15-20 micras
- Rectitud: 0.5mm/mt
- Rugosidad de superficie (Ra): 0.2 micras (máx.)

La pieza que se ha denominado **carcasa esférica** sería de plástico, concretamente polipropileno (PP). Es el mismo material que la silla, por lo que la descripción, características y cualidades de dicho material han quedado definidas con anterioridad.

Finalmente en la estructura irán colocadas unas conteras de nylon con el diámetro interior igual a la del tubo del pie. De esta manera se evitará que el suelo se raye y que la silla se deslice accidentalmente.

4.6 PROCESO TECNOLÓGICO DE OBTENCIÓN

El proceso de fabricación consta de varias etapas que se desarrollan a continuación. A lo largo del proceso de fabricación se distinguirán las distintas fases que dan lugar a **Eco-Chair**.

ASIENTO

4.6.1 CORTE POR LÁSER

Se parte de una plancha de plástico con dimensiones 2200x1000mm y espesor 8mm.

Dado que la silla se compone de dos piezas que posteriormente son unidas mediante soldadura, se procede a la obtención de las mismas a partir de una plancha de plástico con dimensiones mencionadas con anterioridad. El proceso de corte de estas dos piezas será mediante tecnología láser.

Tecnología láser: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*.

El mecanizado por láser es un proceso de mecanizado No Convencional, que forma parte de los llamados procesos “Electro-Térmicos”, donde el mecanizado se obtiene a través de la aplicación de una elevada tasa de energía. Su aplicación industrial comenzó a principios de los años 70.

Se trata de un proceso de fabricación, basado en emplear la gran energía de un haz de luz, para eliminar material, fundirlo o modificarlo térmicamente.

La elección de esta tecnología se debe a que se trata de un proceso que permite obtener cualquier tipo de geometría, ya sea compleja o sencilla. Si a ello le añadimos que también es una tecnología de fabricación de alta velocidad, esto permite que disponga de un equipamiento más completo que permita el mecanizado de los propios moldes que se vayan a emplear para dar lugar a aquellas piezas que se obtengan por inyección. Además se pueden obtener directamente los acabados de esquinas vivas.

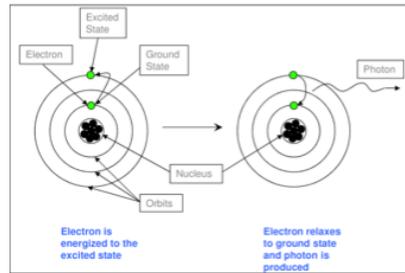
Una de las grandes ventajas de esta tecnología es que al ser una fuente de energía la que incide sobre el material, no se producen desgastes, roturas ni colisiones de la herramienta de corte, lo que supone una gran ventaja al proceso de arranque de viruta tradicional.

Los efectos a tener en cuenta que el rayo láser produce en los materiales son los siguientes:

- **Reflectividad:** depende de la longitud de onda del rayo láser, de las propiedades del material, del acabado superficial de la pieza, de su estado de oxidación de su temperatura. A mayor longitud de onda, mayor reflectividad.
- **Absorción:** la energía que no se refleja, se absorbe. Normalmente se da en la capa más superficial de la pieza, en torno a $1\mu\text{m}$.
- **Conducción de calor.**
- **Fusión de la superficie:** la superficie de la pieza se calienta hasta el punto de fusión.
- **Evaporación de la superficie:** la energía necesaria para la total evaporación de la superficie depende del material. Según sea, la energía del láser será una u otra.

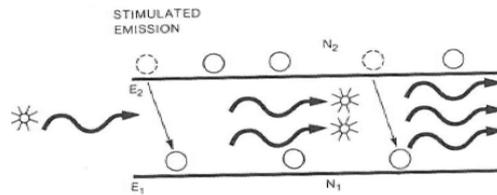
Aunque existen numerosos sistemas de mecanizado láser, en este caso se ha escogido un láser molecular, el láser CO_2 . Posteriormente se explicarán las características de esta tecnología láser; no obstante el principio de funcionamiento del mecanizado por láser es para todas las clases igual:

Mediante la aplicación de energía se consigue que un electrón salte a un orbital de mayor energía. Posteriormente, el electrón vuelve al estado de equilibrio en el nivel energético inicial, emitiendo un fotón.



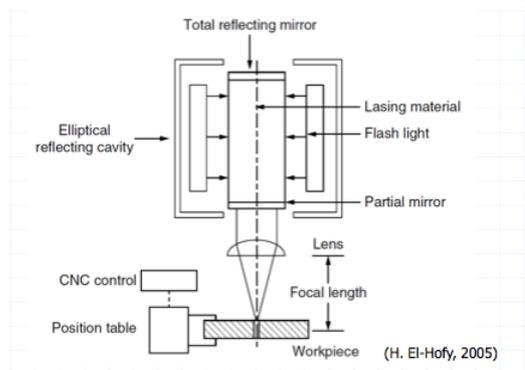
[Imagen 31: Comportamiento electrón]

Dos espejos reflejan el fotón emitido, de manera que excita a otros electrones, que a su vez generan más fotones. Un espejo permite el paso de la luz emitida, generando el haz láser.



[Imagen 32: Emisión de fotones]

El mecanismo está diseñado para ser autoalimentado, y permitir el escape de un pequeño porcentaje de fotones: rayo láser. Las principales características que definen el rayo láser son: monocromático, focalizado, no divergente, brillante y potente.



[Imagen 33: Esquema de un sistema de mecanizado por láser (LBM)]

La densidad de potencia viene dada por:

$$P_d = \frac{4L_p}{\pi F_l^2 \alpha^2 \Delta T}$$

Siendo:

- P_d : power density, W/cm²
- ΔT : pulse duration of laser, s.
- L_p : laser power, W.
- Alfa: beam divergence, rad.
- F_l : focal length of lens, cm.

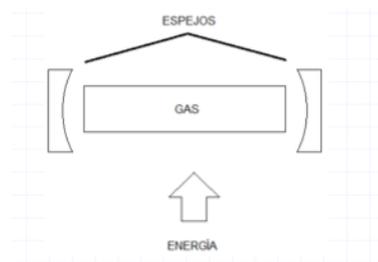
Las **ventajas** que presenta el corte por láser con respecto a las tecnologías tradicionales de corte son las siguientes:

- Gran velocidad de corte
- Flexibilidad máxima
- Procedimiento de contacto y sin herramientas
- Cantos limpios y perfectamente sellados
- Corte de máxima precisión (+- 0.001mm)
- Manipulación sencilla
- La característica de “Nesting” garantiza un uso económico de materiales
- Rentable, incluso en lotes de cantidades pequeñas.
- No requiere moldes ni matrices que encarezcan el producto final
- Se pueden realizar cortes y grabados muy complejos.

Una vez explicado en qué consiste la tecnología láser y comprobar que se trata de la tecnología más idónea para obtener las dos piezas (respaldo y asiento) que componen la silla, pasaremos a describir la tecnología láser concreta que se empleará. Como se ha comentado con anterioridad se usará la tecnología láser CO₂.

LÁSER CO₂

Una de las aplicaciones más habituales con este láser es el corte de acrílico, pero también se pueden cortar con láser otros plásticos, tal como el de la silla, **polipropileno (PP)**. La longitud de onda que proporciona este láser reacciona muy bien con este tipo de plásticos.



[Imagen 34: Esquema de un láser CO₂]

Este tipo de láser se denomina así haciendo referencia al medio activo de su generador, es decir, el láser se genera a partir de la excitación de un gas que se compone de CO₂, N₂ y He. En el sistema de CO₂ el haz láser se transmite a través de espejos hasta incidir sobre la pieza que se desea cortar.

En aplicaciones de corte 2D o de chapa plana, el cabezal láser suele estar estático y es la chapa la que se desplaza en una mesa XY. Además no se necesita ningún tipo de anclaje del material a la superficie de tratamiento.

En el tratamiento con láser no se ejerce presión sobre el material, por lo que no es necesaria una sujeción ni ninguna otra fijación. Simplemente con introducir la pieza, se inicia el proceso con láser. Esto supone un ahorro de tiempo y dinero durante la preparación del material.

Para llevar a cabo esta operación se ha seleccionado el **láser de Trotec**, por ser una de las máquinas más especializadas y completas que existen en el mercado; ya que se quieren cuidar todos los aspectos en el desarrollo de *Eco-Chair*.

Los **láser de Trotec** se aplican en el corte por láser de múltiples plásticos, entre los que destaca el que vamos a emplear, polipropileno. Junto con esta tecnología se empleará un modelo de sistemas de aspiración, también proporcionado por el mismo; de esta forma se evita la formación de polvo nocivo. Cabe destacar que el corte por láser es especialmente respetuoso con el ambiente, dato de extrema relevancia ya que se trata de un proyecto donde el impacto que pueda causar al medio ambiente su desarrollo está muy presente y se tiene en cuenta en todo momento.

Como norma la lámina de plástico se protege con un film en ambos lados para minimizar las marcas de calor. Este plástico se retirará posteriormente, cuando se haya finalizado el corte. Sin embargo, dado que el polipropileno tiene diferente textura en cada cara, es decir, que un lado está ligeramente texturizado, mientras que el otro tiene un acabado liso y plano, se suele poner sólo la película protectora en la cara lisa, pues no se pega siempre correctamente a la superficie texturizada. Dado el problema que surge, éste se soluciona realizando el corte por láser con la superficie texturizada hacia arriba, evitando así ligeras marcas de calor en la superficie del borde.

Uno de los inconvenientes provocados al emplear este láser para este tipo de plástico, es que exista la posibilidad de que la lámina se deforme durante el proceso de corte, pues el polipropileno tiene un punto de fusión bajo y tiene tendencia a calentarse cuando se está cortando. Para evitar esta deformación se debe dejar espacio suficiente entre cada componente. Una distancia de 5mm será suficiente y segura.

Para concluir con esta primera fase, hay que decir también de que el uso de una tecnología CAD a la hora del procesado, no requiere una cualificación muy elevada y específica por parte del operario. Esta ventaja junto con la que presenta también esta tecnología de no necesitar ningún tipo de molde y herramienta, así como su correspondiente mantenimiento, compensa con el hándicap de que se trate de una tecnología de precio elevado.

4.6.2 PLEGADO

Una vez finalizado el proceso de corte por láser, las dos planchas (respaldo y asiento) se someterán al proceso de plegado.

Con esta tecnología se procederá a obtener las dobleces que tienen tanto el respaldo como el asiento, sin ningún tipo de unión. Posteriormente al haber obtenido las dobleces pertinentes se unirán ambas piezas, proceso que se explicará detalladamente más adelante.

PLEGADO:

Se trata de una tecnología muy versátil, muy extendida y común en láminas de metal, sin embargo, en la actualidad el desarrollo de esta tecnología también ha hecho que se pueda aplicar a otros materiales, tales como el plástico.

Como hemos dicho se partirá de una plancha (cortada con láser anteriormente). El grosor de las láminas son de 8 mm, apto para las plegadoras, pues admiten grosores máximos de 12mm. Las láminas de plástico se envuelven en papel de aluminio y se somete a calor la única zona por la que se vaya a realizar el pliegue.

La operación de doblado en sí es simple, permite obtener una pieza de forma desarrollable partiendo de una pieza plana. Igual que la operación, la máquina que dobla chapas de plástico es muy sencilla, básicamente consta de una caja atravesada por un filamento que se calienta. Se coloca la chapa haciendo coincidir la línea de doblez sobre el filamento. Se conecta la máquina y cuando el plástico está a la temperatura requerida (inferior a la de fusión), se dobla hasta obtener la posición deseada.

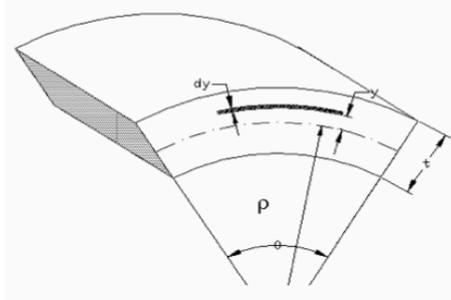


[Imagen 35: Máquina de doblado]

Normalmente es recomendable que antes de realizar el doblado se de la vuelta a la plancha de plástico para asegurar un calentamiento uniforme de la misma y evitar así quemaduras.

El consumo de energía que emplea el proceso de plegado es mínimo, ya que el material no se estira completamente ni se somete a condiciones de rendimiento a gran escala para adquirir la forma final. El trabajo se realiza en una escala localizada, en forma de flexión del plástico. Por tanto, se requieren fuerzas muy bajas y energías mínimas en dicho proceso en comparación a cuando se emplean otros materiales tales como el metal, típicos de procesos de conformación como son el prensado, estampado o conformación por estirado.

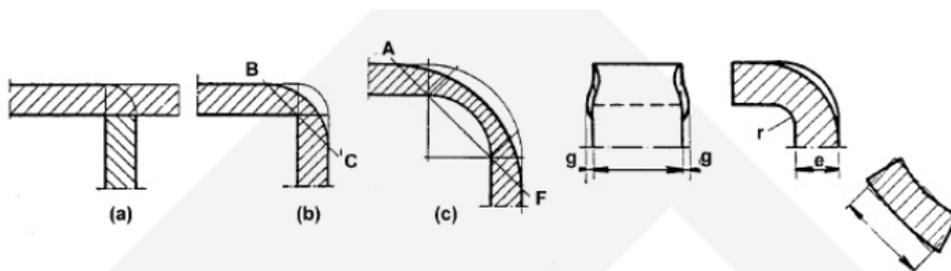
La fuerza de flexión y la energía necesaria que hay que emplear para doblar de forma permanente estas láminas depende directamente de la resistencia a la flexión que presenta el plástico en los bordes donde se va a ser doblado para lograr un ángulo permanente. Los parámetros a tener en cuenta para doblar una lámina son el espesor t y el radio de curvatura r :



[Imagen 36: Variación del ángulo de doblado con flexión]

A la hora de proceder al doblado, hay que saber que se producirá un desplazamiento molecular en el material, ya que de lo contrario éste debería romperse para permitir el doblado. Este desplazamiento molecular se traduce en una disminución del espesor provocando una acritud del material. La dilatación que se produce del material se manifiesta a través del desplazamiento de las fibras en el sentido longitudinal que ejercen una acción lateral provocando deformaciones.

En el ángulo interior del doblado, la compresión de las fibras provoca un desplazamiento de las mismas hacia fuera del ancho primitivo (dilatación lateral). Sin embargo, en la parte más exterior del mismo doblado el estirado de las fibras provoca una contracción.



[Imagen 37: Ejemplo dilatación lateral]

El valor de la dilatación lateral viene determinada por la expresión:

$$g = 0.4e/r$$

g : dilatación (mm) e : espesor chapa (mm) r : radio doblado (mm)

Para disminuir este fenómeno, en las láminas de polipropileno, antes de iniciar el proceso de doblado, en la parte en la que se va a realizar dicha operación se realizará una disminución de espesor de 0,008” a 0.015” según se requiera para la rigidez de acción de la bisagra. De esta forma, al tener un radio muy pequeño la conformación de la doblez, hará que nos aseguremos que no se va a originar una grieta, fractura interna o rotura total de la pieza.

Para concluir, añadiremos que se trata de un proceso acorde con el objetivo que se pretende lograr en el desarrollo de *Eco-chair*, ya que como se ha mencionado con anterioridad el consumo de energía es mínimo y por tanto la contaminación y el impacto que se produce en el medio ambiente es mínimo en comparación con otras tecnologías.

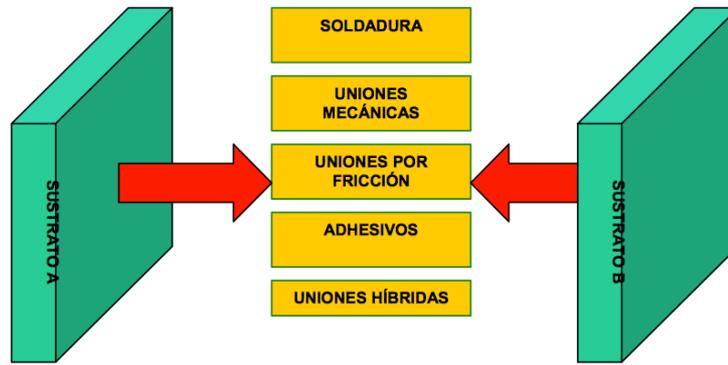
4.6.3 UNIÓN

Una vez que se han obtenido las dos piezas que conforman la silla (respaldo y asiento) junto con sus dobleces, se da paso a la última operación, la unión.

A la hora de seleccionar el sistema de unión más idónea se han contemplado las diversas ventajas que pueden ofrecer otros sistemas distinto a los tradicionales como es la tornillería. Algunas ventajas son:

- Distribución uniforme de tensiones
- Rigidez de las uniones
- No produce distorsión del sustrato
- Permite una unión económica con distintos materiales
- Uniones selladas
- Reducción del número de componentes
- Mejora del aspecto del producto
- Compatibilidad del producto
- Uniones híbridas

En el proceso de unión podemos distinguir dos conceptos, los **sustratos o adherentes**, que son los materiales que se pretenden unir y el conjunto de interacciones físicas y químicas que se dan lugar en dicho proceso, que reciben el nombre de **uniones**.



[Imagen 38: Esquema sustratos y tipos de unión]

Existe una amplia variedad métodos para unir materiales iguales o diferentes. En general se puede decir que los materiales tienden a unirse por medio de los siguientes procesos:

- Curado de una resina adhesiva sobre un sólido
- Evaporación de un disolvente de la solución de un polímero termoplástico.
- Evaporación de agua de un látex polimérico
- Enfriamiento de un polímero (como en los adhesivos de fusión y de soldadura plástica).

A la hora de escoger el tipo de unión más adecuada, es importante tener en cuenta algunos factores:

- La unión debe ser capaz de mejorar el sustrato.
- Si el sustrato no es absorbente, la unión debe estar libre de agua
- Es indispensable un bajo costo en el método de aplicación.
- La unión debe ser capaz de resistir las condiciones a las que va a estar sujeta.

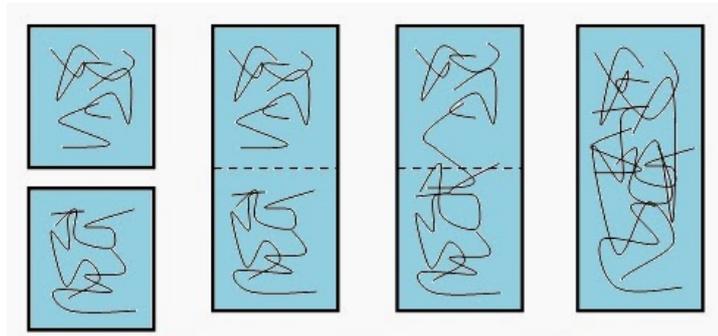
En base a todo ello y centrándonos en las piezas a unir, cabe decir que los termoplásticos cristalinos se unen mejor por calor que por adhesivos. Éstos se funden más rápidamente que los plásticos amorfos y esta propiedad puede ser utilizada mediante la técnica de **soldadura**.

PROCESO DE SOLDADURA:

La soldadura de plástico es un proceso destinado a unir piezas constituidas de materiales termoplásticos. La soldadura tiene lugar mediante el reblandecimiento de las zonas que van a ser unidas.

Las moléculas del polímero adquieren cierta movilidad por acción de un agente externo, tal como calor, vibración, fricción, disolvente o similar. Al juntarse ambas piezas y aplicarles la presión se logra la interacción de las moléculas de ambas partes a unir, entrelazándose.

Una vez cesada la acción del agente externo, disminuye el movimiento de las moléculas quedando así, una estructura entrelazada de las mismas, dando lugar finalmente a la unión de ambas partes plásticas.



[Imagen 39: Esquema unión moléculas del polímeros]

Para llevar a cabo lo descrito, existen en el mercado diversos procesos de soldadura para unir plásticos. La aplicación idónea depende de diversos factores: el tipo de pieza o elemento a unir, las características del material plástico, el número de piezas a unir en un mismo proceso, la aplicación del producto final, etc.

Tras un estudio exhaustivo de las diferentes técnicas que existen y dadas las características principales de las piezas a unir, se ha optado por la **soldadura por placa caliente**.

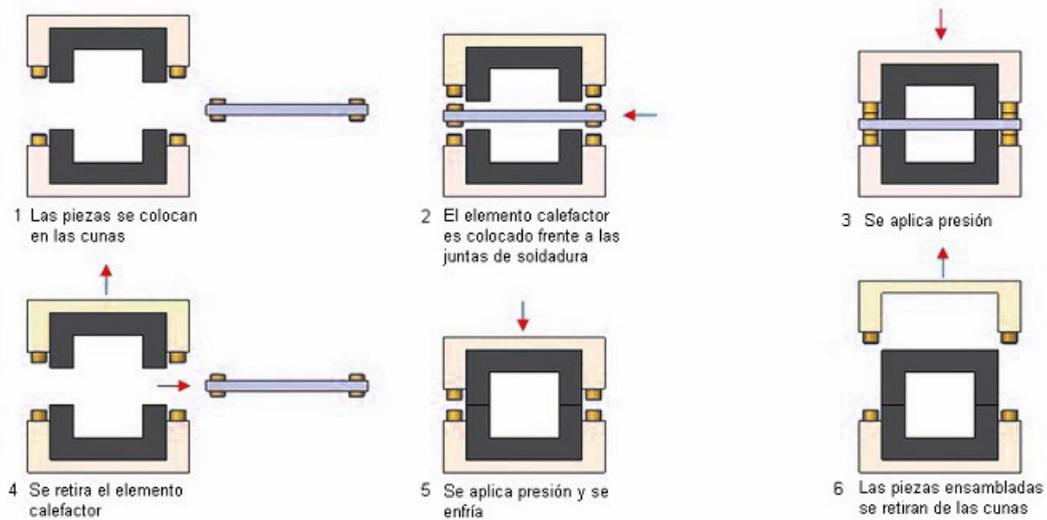
SOLDADURA POR PLACA CALIENTE:

Es la más simple de las técnicas de producción en masa para unir plásticos. Una placa calentada se sujeta entre las superficies a unir hasta que se ablanden. Posteriormente la placa se retira y las superficies se unen bajo presión controlada durante un período específico.

Para que la soldadura sea exitosa, se requiere que el calor y la presión se mantengan constantes en un adecuado equilibrio. Demasiada presión tenderá a crear esfuerzos y demasiado calentamiento, carbonizará, fundirá o distorsionará el material.

Las superficies fusionadas se dejan enfriar, formando una unión. La herramienta de soldadura o elemento calefactor se componen de calentadores eléctricos insertos en una placa de aluminio.

Las temperaturas oscilan entre 180° y 230° dependiendo del espesor y del tipo del material a soldar.



[Imagen 40: Proceso por placa caliente]

La desventaja que presenta este proceso es que es relativamente lento. Los platos calientes son principalmente de aluminio. La temperatura de las placas es controlada por los reguladores electrónicos, con el sensor térmico situado lo más cerca posible a la superficie de trabajo.

ESTRUCTURA

Una vez definidos los materiales de cada una de las partes que componen la estructura, así como el proceso de obtención del asiento, se pasa a definir el proceso de fabricación que hay que llevar a cabo para la obtención de dicha estructura:

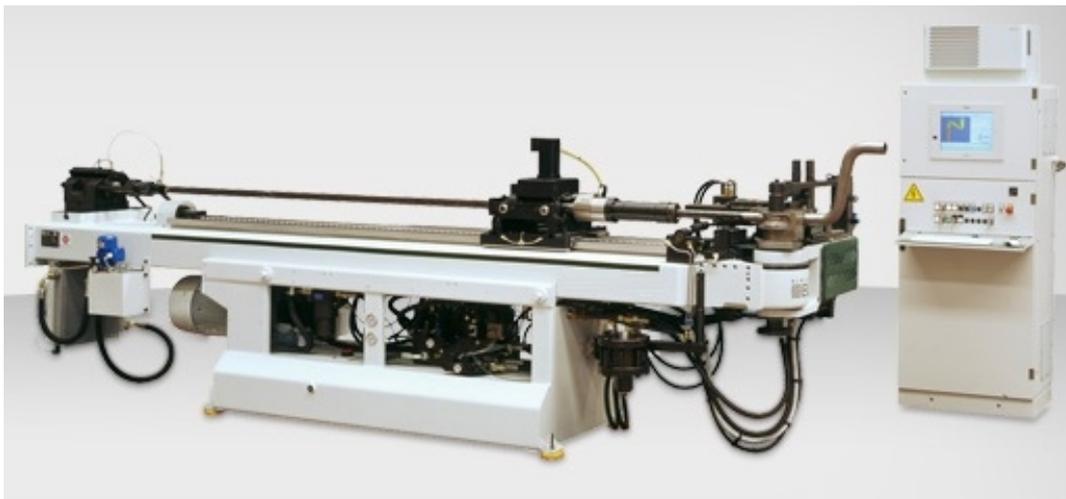
4.6.4 CURVADO

El proceso tecnológico principal, elegido para la obtención de la estructura de acero tubular que conforman las **alas de mariposa**, ha sido el curvado.

Este proceso se llevará a cabo mediante una dobladora del grupo BLM, en concreto la 832 VGP, ya que ésta tiene una capacidad máxima de 32mm, lo cual permite utilizarla, pues el tubo de acero que se va a emplear tiene un diámetro de 13.5mm.

Este tipo de máquina facilita la producción de forma más rápida y eficaz debido al CNC y el software innovador del que dispone, que nos permite realizar una programación gráfica en 3D del modelo a curvar. Esto proporciona una serie de ventajas, como por ejemplo, no se necesita una cualificación especializada por parte del operario para controlar la maquinaria.

La simulación en 3D permite realizar la simulación de la curva mediante la selección automática del ciclo de plegado más corto. Como consecuencia, se obtendrá un trabajo más eficiente, que minimizará el tiempo de ciclo del trabajo y ayudará en consecuencia a reducir los costes del producto final.



[Imagen 41: Dobladora grupo BLM 832 VGP]



[Imagen 42: Render resultado después del curvado]

Dado que la estructura no cuenta con un sistema de montaje, después de la operación de curvado y tras haber obtenido las dos alas, éstas irán soldadas a una tapa circular. La decisión de soldar, se ha tomado debido a los esfuerzos que debe soportar, sustancialmente distintos a la silla, y en el que no se puede asegurar la durabilidad del producto con un sistema de anclaje. Los tubos serán soldados mediante TIG, debido a que estas soldaduras proporcionan un acabado prácticamente llano, mejorando la calidad y aspecto del acabado además de ser una soldadura muy resistente a los esfuerzos que pueda sufrir el perfil.

La elección de este sistema de soldadura se debe a que es más eficiente, preciso y consume menos energía frente a otros sistemas, tales como MIG/MAG. Además, responde de forma muy adecuada a las condiciones de cordón que se deben aplicar en la unión de la estructura.

Una vez soldados los tubos a la tapa circular, se procederá a rebajar el cordón de soldadura hasta que quede totalmente llano.

La **tapa circular** sobre la que irán soldadas las alas, se trata de una tapa de diámetro 150mm y espesor 20mm, del mismo material que dichas alas, acero galvanizado.

Dado que las alas quedan encajadas y soldadas en la tapa, ésta ha de someterse a un proceso de mecanizado, para quitar el material sobrante y obtener finalmente el negativo de la parte tubular de las alas que van soldadas sobre dicha tapa.



[Imagen 43: Render resultado final soldadura]

Con respecto a la **barra de acero** cromado, no hay que realizar ninguna operación de mecanizado, simplemente mediante el mismo sistema de soldadura empleado anteriormente, se procederá a la unión de dicha barra con las **parte roscadas** que se ubican en cada uno de los extremos de dicha barra.

Dada la geometría del pie, el proceso tecnológico que se a escogido también ha sido el curvado. Puesto que el diámetro del tubo del pie es 17.2mm y la capacidad máxima de la máquina 832 VGP es de 32mm se empleará la misma para llevar a cabo la obtención del pie.

Una vez curvado el tubo, éste irá soldado con el mismo sistema que en los casos anteriores, ya que el material es el mismo, a una base circular que cuenta con la parte central roscada, en la cual irá encajada la barra principal que da altura a la silla.

4.6.5 MOLDEO POR INYECCIÓN

La **carcasa esférica** tiene un proceso de obtención completamente distinto, en este caso, el proceso tecnológico que se emplea es el de inyección.

La **inyección** es un proceso adecuado para piezas de gran consumo. La materia prima se puede transformar en un producto acabado en un solo paso. Mediante esta tecnología se pueden obtener piezas con geometrías muy diversas y complicadas. Dado que esta tecnología requiere el uso de moldes y éstos tienen un elevado precio, es decisivo el número de piezas por unidad de tiempo que van a ser fabricadas para que el proceso sea económico.

En este caso, la pieza a fabricar será apta para los distintos modelos de la gama **Eco-Chair** que se comercialicen. Por tanto, se considera que esta tecnología es apta.

Las características más importantes del proceso de inyección son las siguientes:

- La pieza se obtiene en una sola etapa
- En la mayoría de las ocasiones no se necesita trabajo final sobre la pieza obtenida.
- El proceso es totalmente automatizable.
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.

- Las piezas acabadas son de gran calidad.

Las restricciones a tener en cuenta son las siguientes:

- Dimensiones de la pieza: tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas: la pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo.
- Peso de la pieza: es de gran importancia, sobre todo porque está relacionado con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo: para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético: una disminución del consumo energético implicará un menor coste de producción.

Las etapas de las que se compone dicho proceso son las siguientes:

El proceso de obtención de una pieza de plástico por inyección, sigue un orden de operaciones que se repite para cada una de las piezas. Este orden, conocido como ciclo de inyección, se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Cierre del molde:

Con el cierre del molde se inicia el ciclo. Se prepara para recibir la inyección del material fundido. En esta fase se aplica la fuerza de cierre, que es aquella que hace la máquina para mantener el molde cerrado durante la inyección. Depende de la superficie proyectada de la pieza y de la presión real que se tiene en la cavidad del molde.

2. Inyección

a. Fase de llenado

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde (inyección). El husillo de la unidad de inyección inyecta el material fundido, dentro del molde y a una presión elevada; al inyectar, el husillo avanza sin rotación. La duración de esta etapa puede ser de décimas de segundo hasta varios segundos, dependiendo de la cantidad de material a inyectar y de las características del proceso.

La finalidad de esta fase es llenar el molde con una cantidad suficiente de material. En la inyección son muy importantes las siguientes variables:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

b. Fase de mantenimiento

Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, tales como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas. Las variables que más afectan en esta fase son:

- Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
- La temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo de mantenimiento.

En el comienzo de la fase de mantenimiento, la cavidad ya ha recibido la mayoría del material que necesita, pero una pequeña cantidad de material es inyectada para compensar la contracción. Incluso al final de esta fase, aún queda material sobrante en la cámara de inyección (al cual se llamara cojín). Este cojín fundido facilita que la presión sea transmitida entre el tornillo y la cavidad. El mismo se inyecta en el siguiente ciclo.

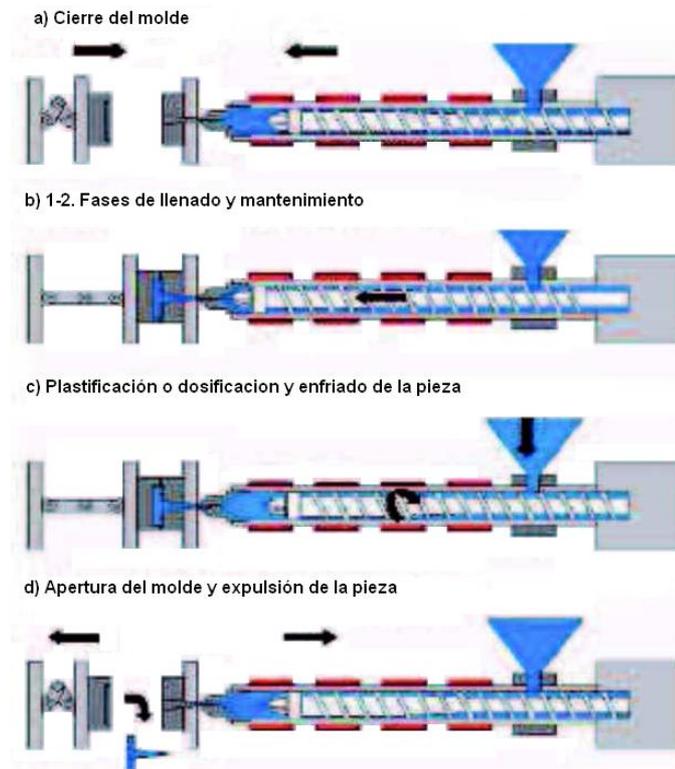
3. Plastificación o dosificación y enfriamiento

Una vez aplicada la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo; de forma que el material va pasando progresivamente de la tolva de alimentación a la cámara de inyección, homogeneizándose tanto su temperatura como su grado de mezcla.

Esta fase se realiza de forma paralela a la etapa de enfriamiento, acelerando así el tiempo total de ciclo. A medida que el husillo va transportando el material hacia delante, éste sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera. El retroceso del husillo finaliza cuando éste ha llegado a una posición definida con anterioridad. En este momento ya está todo preparado para poder inyectar la siguiente pieza.

4. Apertura del molde y expulsión de la pieza

Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.



[Imagen 44: Proceso de inyección]

Durante este proceso las variables más importantes a tener en cuenta son:

- Temperatura de inyección
- Temperatura de molde
- Distancia de carga
- Tiempo de inyección
- Tiempo de mantenimiento
- Tiempo de enfriamiento
- Tiempo de plastificación
- Tiempo de movimiento
- Tiempo de ciclo
- Primera presión o presión de inyección
- Segunda presión o presión de mantenimiento
- Contrapresión

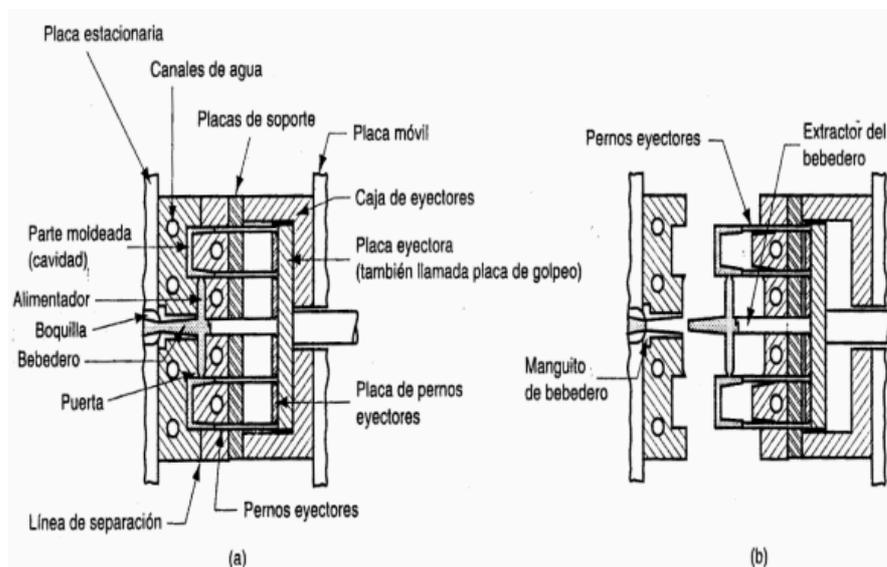
Como se ha podido observar el molde, a pesar de no ser un elemento directo de la maquinaria de inyección, se trata de una pieza fundamental en el proceso, ya que debe construirse especialmente para cada pieza.

Consta al menos de dos mitades que se fijan a las placas de sujeción de la unidad de cierre.

Tras el proceso de llenado y solidificación, el molde se abre por el plano de partición, quedando generalmente la pieza y la mazarota adheridas a la mitad del molde del lado extractor.

Recibe el nombre de mazarota al plástico que se moldea pero que no pertenece a la pieza y está compuesto por el bebedero y los canales de distribución.

Mediante una boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre éste y el cilindro de inyección, a través del cual se da comienzo al proceso de llenado. Con el inicio del llenado del molde, empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material se ha solidificado para formar una pieza estable.



[Imagen 45: Molde de inyección]

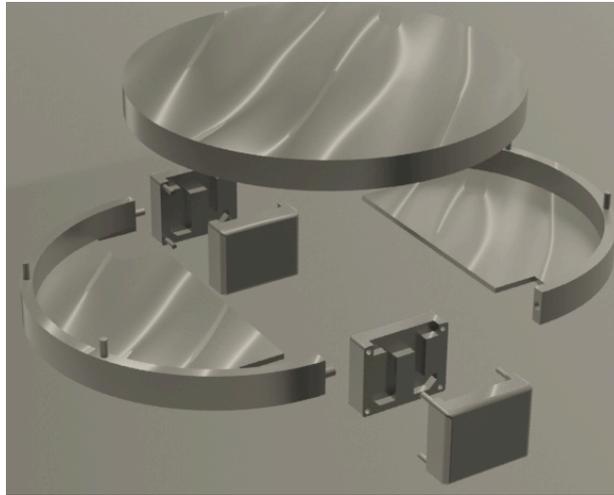
Por tanto, el molde cumple las siguientes funciones:

- Permitir la entrada y distribución de la masa fundida
- Moldear la masa fundida hasta darle la forma deseada
- Desmoldear la pieza

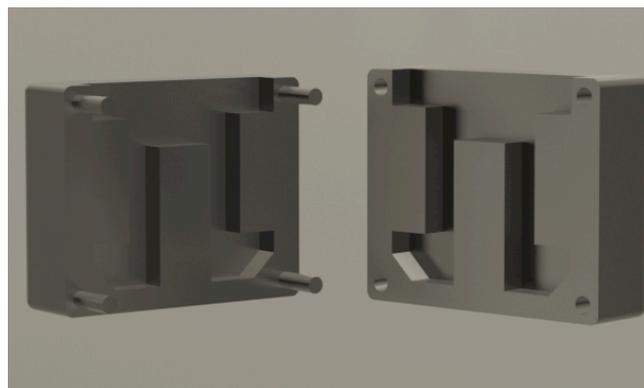
Para llevar a cabo todas estas funciones el molde de inyección se compone de los siguientes elementos:

- Cavidad o cavidades
- Sistema de alimentación
- Sistema de extracción de aire
- Sistema de refrigeración
- Sistema de expulsión o desmoldeo de la pieza
- Sistema de alineación y centrado.

Una aproximación del molde de la pieza a fabricar en este caso (carcasa esférica) sería este:



[Imagen 46: Render molde de inyección]



[Imagen 47: Render molde pestaña *snap fit*]

Finalmente, en el pie irán colocadas unas conteras rectangulares de nylon. Se ubicarán en la parte inferior y no serán vistas, estarán en contacto con el suelo, evitando así que se raye o se deslice accidentalmente la silla.

4.7 SISTEMA DE ANCLAJE DEL ASIENTO

4.7.1 PIEZA DE PLÁSTICO

La **pieza de plástico** se obtiene por el proceso de fabricación de inyección, método descrito en el proceso de fabricación de la carcasa. Dado que se trata de un proceso que no necesita un mecanizado posterior, pues la ranura se obtiene directamente con dicho proceso, se reducen las operaciones y el costo de fabricación y producción.

En cuanto al material, la **pieza de plástico** será del mismo plástico que la silla (polipropileno) para obtener así, un conjunto más uniforme y homogéneo y la pieza se considere una parte más de la silla.

4.7.2 ALETA DE TIBURÓN

La **aleta de tiburón** es de aluminio, pues es un material ligero y presenta unas características mecánicas óptimas, convirtiéndose así en el material idóneo para las prestaciones que debe ofrecer la pieza. Por su reducido tamaño y fino espesor, el proceso más conveniente para su obtención es el mecanizado por chorro de agua con abrasivo. Se trata de un proceso simple y sencillo; una boquilla de diámetro 0.5mm expulsa un chorro de agua con partículas abrasivas a gran presión provocando una microerosión cuando éste impacta con la pieza.

Proporciona un corte de alta calidad y no necesita un post-procesado de acabado. Dado que es una pieza plana, será suficiente con disponer de un cabezal con una boquilla que se desplace en dos direcciones. Además puesto que es un proceso tecnológico controlado por CNC la obtención de la misma será rápido. Otra ventaja es el hecho que el proceso empleado no lleve herramienta, evitándose los problemas de colisión, deterioro o rotura que llevan asociados, reduciendo también el costo final de producción.

4.8 RENDERS MONTAJE

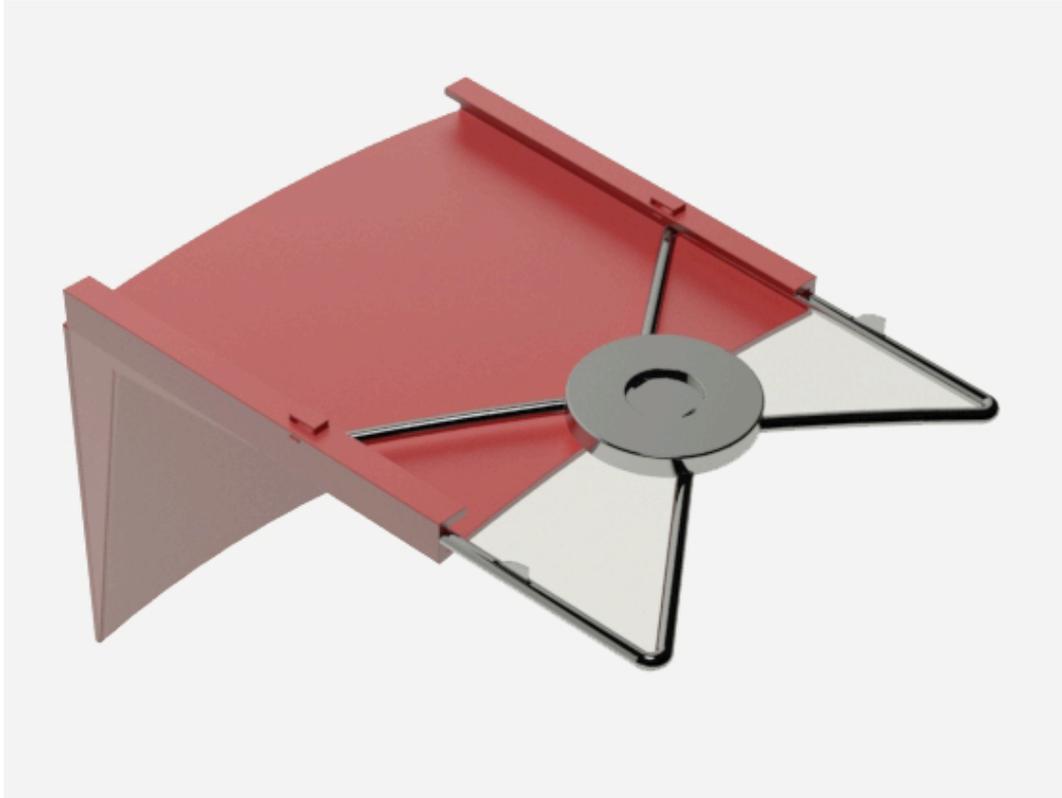
En las siguientes imágenes se puede ver el proceso que debe seguir el usuario para obtener un asiento de la gama *Eco-Chair*:

1. ASIENTO



[Imagen 49: Render asiento]

2. INTRODUCCIÓN ALA DE MARIPOSA EN EL ASIENTO



[Imagen 50: Render ala de mariposa en la parte inferior del asiento]

3. ALA DE MARIPOSA ENCAJADA EN EL ASIENTO



[Imagen 51: Render ala de mariposa colocada]

4. ENCAJE CARCASA ESFÉRICA EN EL ARO DEL ALA DE MARIPOSA



[Imagen 52: Render carcasa esférica encajada en el aro]

5. ROSCAR BARRA DE ACERO EN LA CARCASA



[Imagen 53: Render barra de acero roscada en la carcasa]

6. ROSCAR PIE SOBRE LA BARRA DE ACERO



[Imagen 54: Render pie roscado a la barra de acero]

7.RESULTADO FINAL



[Imagen 55: Resultado final]

4.9 RENDERS PRODUCTO FINAL

A continuación se muestran una serie de imágenes en las que se presenta el producto final. *Eco-Chair* se puede comercializar en distintos colores, además en el Anexo I (Catálogo), se muestra un catálogo de los distintos modelos de sillas, así como de pies y algunas de las posibles combinaciones que el usuario podría escoger.



[Imagen 56: Renders producto final en distintos colores]

.....5. LOGÍSTICA Y PACKAGING

5.1 LOGÍSTICA

Dado que se trata de una silla modular y completamente desmontable, ello supondrá un factor importante y positivo a la hora de la logística.

Las sillas dado el ángulo de inclinación que presenta el respaldo con respecto al asiento permite que éstas se apilen en el transporte de la fábrica hasta el punto de venta, ahorrando así un espacio considerable. A pesar de que cada una disponga de su propia caja de embalaje, éstas se adaptan a la forma de la silla pudiendo ser igualmente apilables.

La carcasa esférica también irá recogida en una caja en forma de cubo, con unas dimensiones mínimas y suficientes que permitan alojar la carcasa en su interior. Dada la forma de su embalaje, éste permite que se apilen durante su transporte ocupando en este caso también el menor espacio posible y teniendo en cuenta una optimización máxima del espacio reducido y limitado del que se dispone.

La otra pieza que tendrá un embalaje propio será el pie, no obstante, no presenta ningún inconveniente en su apilamiento, presentando las mismas ventajas que los elementos anteriores.

El resto de piezas que conforman la estructura metálica de la silla no tienen un embalaje propio, sino que tendrán un protector film únicamente. Se transportarán en cajas colectivas. Las alas de mariposa, a pesar de su forma, dado el radio de curvatura que presentan, también pueden ser apiladas.

Esta forma de transporte de los distintos elementos, permite una mayor optimización del espacio del que se dispone, pudiendo así, transportar el mayor número de sillas posibles además de eliminar gran parte de packaging que supondría llevarlas montadas en el transporte.

5.2 PACKAGING

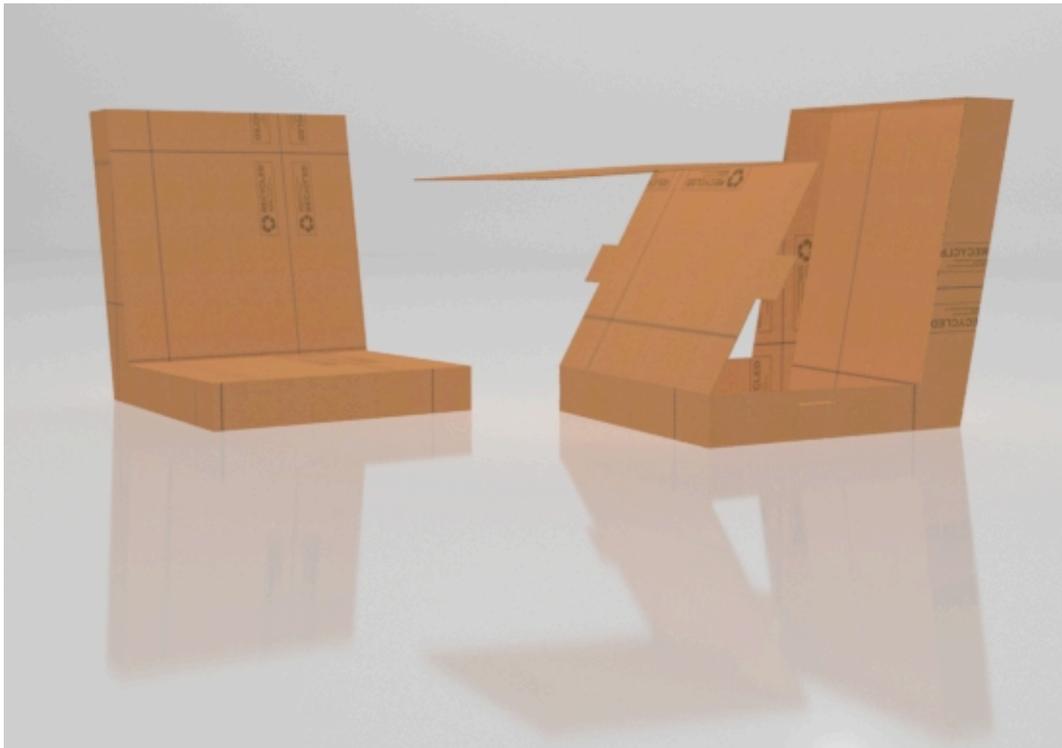
Para el packaging de cada uno de los elementos se ha optado por embalajes de cartón corrugado. Se trata de un material reciclable 100%. Se ha querido mantener la mentalidad de bajo impacto ambiental. Además se

puede optar por este material sin necesidad de ningún añadido protector ya que no son piezas frágiles.

A la hora de diseñar los distintos embalajes, se ha tenido en cuenta aspectos como que permita ser apilable para el transporte o reducir al máximo el material empleado. También se ha hecho uso de pestañas mediante encaje, para evitar en la medida de lo posible el uso de adhesivos.

Sólo la silla (respaldo y asiento), el pie y la carcasa esférica tienen embalaje de cartón, ya que son los elementos más comerciales y de los que se dispondrá de varios modelos. El resto de la estructura metálica, barra de acero y ala de mariposa, dado que son la misma estructura para los diferentes modelos existentes no dispondrán de embalaje de cartón. Llevarán un protector film que los envuelva.

A continuación se muestran los distintos tipos de embalajes que llevan cada uno de los elementos:



[Imagen 57: Render caja embalaje silla]



[Imagen 58: Render caja embalaje carcasa esférica]



[Imagen 59: Render caja embalaje pie]



[Imagen 60: Render conjunto packaging]



[Imagen 61: Render conjunto packaging con producto]

En el apartado de planos (3. PLANOS) se pueden ver el desarrollo de cada una de las cajas.

.....6. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este apartado tiene como objetivo el estudio del impacto real que generará la producción y distribución del producto en el medio ambiente. Para ello se analizarán todos los factores que toman partido en este proceso, como es el consumo de la maquinaria a utilizar, las emisiones de dióxido de carbono producidas tanto por el transporte de la materia prima como el del producto final. Todo ello tendrá como fin permitir evaluar y comparar qué elementos son más dañinos y por tanto deben mejorarse e incluso suprimirse.

Hasta ahora, el concepto que las diferentes políticas medioambientales tenían sobre los productos y servicios de una organización estaban relacionadas con las fuentes de contaminación puntuales procedentes del proceso productivo como la gestión de residuos. A pesar de ello, aún habiendo sido en gran medida eficaces, no han permitido reducir los problemas como por ejemplo el agotamiento de recursos materiales o el aumento progresivo del consumo de energía. Debido a ello se hace necesario definir nuevas actuaciones centradas en el producto que permitan una mejora ambiental global de los productos y servicios de una organización.

Por tanto lo que se pretende lograr con este nuevo enfoque es combinar la mejora del bienestar y los estilos de vida con la protección y cuidado del medio ambiente. La herramienta que se ha desarrollado para tener en cuenta todos estos aspectos se denomina “*Análisis del Ciclo de Vida*” (ACV).

El *análisis del ciclo de vida* (ACV) no sólo analiza el proceso de obtención del producto, sino también la retirada del mercado del mismo, pues dicha retirada es una actividad que también produce emisiones. Por ejemplo, el combustible que es consumido por los camiones encargados de la recogida de desechos, así como la cantidad de metano y otros gases que emiten los vertederos en general durante todo el tiempo en que los elementos pasan a ser descompuestos o procesados para un posterior uso.

2. CICLO DE VIDA:

De acuerdo con la norma UNE 150050, se define Ciclo de vida como el conjunto de etapas interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de la materia prima o de su generación a partir de recursos naturales, hasta su disposición final.

ENTRADAS-----CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO-----SALIDAS

(materia prima y energías)

(residuos y emisiones)

3. SISTEMA DE PRODUCTO

De acuerdo con la norma UNE 150050, se define como Sistema de Producto el conjunto de procesos unitarios conectados material y energéticamente que realizan una o más funciones definidas.

Este concepto toma gran importancia a la hora de analizar el Ciclo de Vida de un producto, pues como se ha mencionado con anterioridad no sólo se tiene en cuenta el producto en sí, sino todo aquello que hace posible su distribución, funcionamiento y también su tratamiento final, es decir, una vez que es convertido en residuo. Es necesario una visión global del sistema del producto.

4. UNIDAD FUNCIONAL

Cuando se estudia la mejora ambiental de un producto es habitual llegar a diferentes estrategias, para saber cuál es la más idónea es de extrema importancia definir correctamente la unidad funcional de estudio en cada caso.

5. ASPECTO AMBIENTAL DE PRODUCTO

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14001:1996, se define Aspecto Ambiental como aquel elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el Medio Ambiente.

Por tanto, al ser el producto el elemento que tiene todos estos elementos, en el estudio de dichos aspectos hay que analizar todo el Ciclo de Vida del producto. Las categorías de aspectos ambientales de producto son las mismas que las generadas por la propia actividad.

Los productos pueden generar los siguientes aspectos ambientales:

- Consumo de materiales
- Utilización de sustancias tóxicas
- Consumo de energía
- Consumo de agua
- Emisiones atmosféricas
- Vertidos líquidos
- Residuos
- Olores

6. IMPACTO AMBIENTAL

De acuerdo con la norma UNE 150050, se define Impacto Ambiental como cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización.

El objetivo de identificar los aspectos ambientales de un producto es minimizar los impactos ambientales negativos de los productos. Algunos de los impactos ambientales generados por los productos son:

- Agotamiento de recursos naturales
- Reducción de la capa de ozono
- Efecto invernadero
- Smog fotoquímico
- Contaminación del agua
- Contaminación del suelo
- Lluvia ácida

7. TRASLADO DEL IMPACTO

En un proceso de mejora ambiental de producto, una vez seleccionados los aspectos ambientales sobre lo que se va a trabajar para minimizar su impacto ambiental asociado, es muy importante tener en cuenta que en ocasiones una modificación del diseño del producto tiende a reducir el impacto ambiental de un determinado aspecto ambiental, pero puede generar otro en esa misma etapa o sucesora, por lo que habrá que valorar con detenimiento los resultados obtenidos. A esto se le conoce como

traslado del impacto y la mejor manera de evitarlo es evaluar de modo sistemático las consecuencias que producen las modificaciones del diseño en todas las etapas del ciclo de vida.

8. VENTAJAS Y BENEFICIOS

La mejora ambiental de productos supone una serie de beneficios que son precisamente lo que impulsan a las empresas a trabajar en esta área. Algunas de las ventajas que se conseguirán con dichas modificaciones son:

- Acceso a nuevos mercados más exigentes
- Mejora de la imagen del producto y de la empresa
- Cumplir mejor las demandas del cliente
- Distinción de los competidores
- Reducción de costes
- Impulso a la creación de productos innovadores
- Aumento de la calidad del producto

A continuación se muestran los análisis que se han realizado mediante el método Eco-indicator 99 (E) V2.07/ Europe EI 99 E/E.

Aclarar que el Eco-indicator de un material o proceso en base a lo que se ha explicado a un número que indica el impacto ambiental de dicho material o proceso, a partir de los datos obtenidos del Análisis del Ciclo de Vida. Se trata de un número adimensional, cuanto mayor sea este indicador, mayor es el impacto ambiental.

Producto o componente: Silla	Proyecto ECO-Chair
Fecha: 20-9-2014	Autor: Cruz González, Alba
Notas y conclusiones: Análisis del impacto ambiental que supone el desarrollo de todo el ciclo de vida de una silla.	

PRODUCCIÓN (materiales, procesos y transporte)

Material proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Polipropileno (PP)	7.5kg	330	2.475
Acero	6kg	86	516
Corte	6kg	0,00006	0
Curvado	6kg	0,00008	0
Doblado	5.1kg	6,4	33
Moldeado por inyección	2.4kg	21	51
TOTAL			3075

USO (transporte, energía y materiales auxiliares)

Material proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Electricidad BV Europa (UCPTE)	1.745Kwh	26	45.370
Transporte	13.5kg	15	202,5
TOTAL			45.573

DESECHO (para cada tipo de material)

Material y tipo de proceso	Cantidad	Indicador	Resultado
Reciclado de PP	7.5Kg	-210	-1.715
Incineración acero	6kg	-32	-192
TOTAL			-1.907

TOTAL (todas las fases)
46.740

Los resultados del formulario revelan que la *fase de utilización* tiene mayor impacto. Por tanto, cuando se mejore la estrategia de diseño a seguir, se deberá mostrar especial atención en el consumo de energía que es

el que presenta mayor puntuación. Posteriormente se intentará reducir el material sobrante de polipropileno, que es la segunda mayor puntuación.

Por tanto, en rasgos generales se puede concluir diciendo que el diseño cumple en gran medida con los objetivos medioambientales, aunque no obstante se tendrán en cuenta los resultados obtenidos y se mejorará al maximizar los recursos energéticos para conseguir así una menor puntuación.

CÁLCULOS



ÍNDICE CÁLCULOS

ANÁLISIS DE VIABILIDAD.....	77
1. OBJETIVOS DEL ANÁLISIS.....	78
2. PROCEDIMIENTO.....	78
3. MATERIALES.....	81
4. DEFINICIÓN DE CARGAS APLICADAS.....	82
5. DEFINICIÓN DE APOYOS.....	83
6. RESULTADOS.....	83



.....ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Se ha realizado un análisis de viabilidad sobre *Eco-Chair* con el objetivo de comprobar si la geometría y los materiales escogidos son aptos en relación con los usos a los que se destinan. Para ello se ha empleado el módulo de “*Analysis & Simulation*” de Catia V5R21.

1. OBJETIVOS DEL ANÁLISIS

El objetivo es realizar un estudio de viabilidad sobre el producto que se está desarrollando, *Eco-Chair*, mediante el Método de Elementos Finitos (FEM). Como se ha explicado, se trata de un asiento modular que se compone de una serie de piezas en las que las uniones de unas con otras no poseen ningún tipo de tornillería.

Con este estudio se quieren analizar los máximos desplazamientos que se producirían al aplicar una carga crítica. Asimismo, se quieren obtener las tensiones máxima que se producen al aplicar dichas cargas.

Se parte de una geometría inicial y simplificada. Se han eliminado todos los elementos superfluos que no intervienen ni afectan al análisis. Sobre ella se analizarán los resultados obtenidos y en caso de no ser aptos, tomar las medidas oportunas y que se crean necesarias para que la silla pueda cumplir los requerimientos que se le exigen.

2. PROCEDIMIENTO

Para realizar el análisis con Cativa V5, se ha dividido en dos partes. Por un lado se llevará a cabo el análisis del asiento en el que se aplicarán las cargas correspondientes y por otro lado se parte del archivo de ensamblaje de componentes (*product*) del pie y la barra roscada. A pesar de que se analice por separado, la geometría de la que se parte es exacta. Por este motivo se han descartado el uso de otros programas de análisis mediante elementos finitos (FEM), tal como NX I-deas, en el cual la calidad de la malla generada es más precisa, sin embargo, la geometría es una aproximación a la real.

- ASIENTO

Sobre el asiento se ha creado una malla tridimensional. Se ha empleado elementos tipo tetraedros parabólicos (*parabolic tetrahedron*), pues proporcionan una mejor calidad de la malla generada. En total la malla se compone de 64972 nodos y 33147 elementos, de los cuales el 82,47% de los nodos son de buena calidad, por lo que se considera la malla aceptable y aproximada al modelo real.

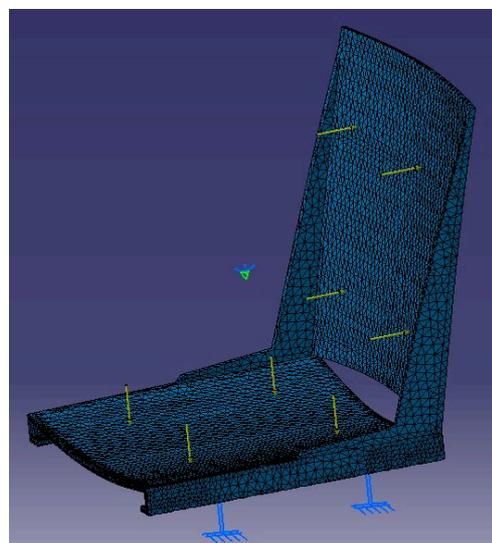
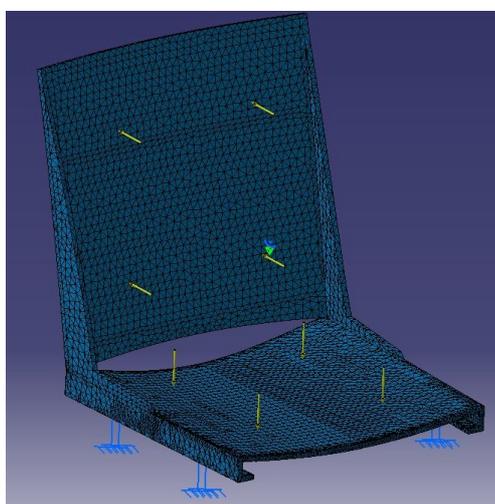
En la tabla se muestran los datos empleados para la elaboración de la malla:

OCTREE TETRAHEDRON MESH ASIENTO

SIZE	12mm
ABSOLUTE SAG	4mm
ELEMENT TYPE	Parabolic
Nº ELEMENTOS	33147
Nº NODOS	64972
CALIDAD MALLA	82,47%

[Tabla 1: Datos asiento]

En las imágenes que se muestran a continuación se puede ver el resultado del asiento mallado. También se pueden ver las cargas repartidas tanto en el asiento como en el respaldo (flechas amarillas), así como las restricciones de movimiento (empotramiento azul).



[Imagen 1: Asiento mallado con restricciones de movimiento y cargas]

- PIE + BARRA ROSCADA

Sobre este conjunto de elementos también se ha creado una malla tridimensional con elementos parabólicos. En este caso, el total de la malla cuenta con 10204 elementos y 21937 nodos, de los cuales el 87,32% de los nodos son de buena calidad, por tanto también se considera una malla aceptable y aproximada al modelo real.

En este caso, aunque se trate finalmente como una única malla se han creado dos distintas para poder asignar a cada una de ellas el material correspondiente de cada elemento.

En la tabla se muestran los datos empleados para la elaboración de las mallas:

OCTREE TETRAHEDRON MESH PIE

SIZE	12mm
ABSOLUTE SAG	5mm
ELEMENT TYPE	Parabolic
Nº ELEMENTOS	10204
Nº NODOS	21937
CALIDAD MALLA	87,32%

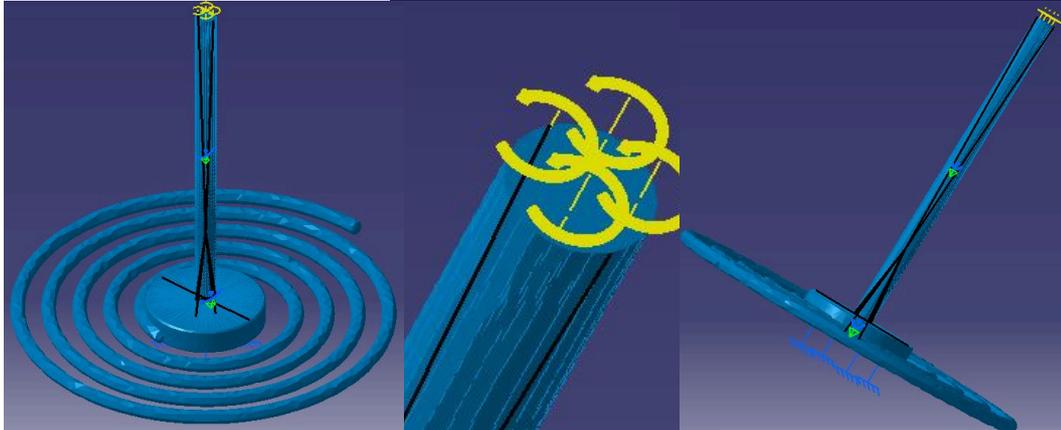
[Tabla 2: Datos pie]

OCTREE TETRAHEDRON MESH BARRA

SIZE	10mm
ABSOLUTE SAG	4mm
ELEMENT TYPE	Parabolic
Nº ELEMENTOS	10204
Nº NODOS	21937
CALIDAD MALLA	87,32%

[Tabla 3: Datos barra]

En estas imágenes se muestran las distintas mallas que se visualizan como una única y homogénea. Del mismo modo que en el asiento se puede ver la carga aplicada, que en este caso recae sobre la barra. Los esfuerzos aplicados en esta ocasión son de torsión (flechas amarillas) y las restricciones se han puesto en el pie (empotramiento azul).



[Imagen 2: Estructura mallada con restricciones de movimiento y carga]

Una vez creadas las distintas mallas, se procede a la aplicación de los materiales a cada una de las distintas mallas y la aplicación de las restricciones correspondientes, es decir, cargas y apoyos.

3. MATERIALES

Eco-Chair está compuesta por tres materiales diferentes; el asiento es de polipropileno (PP), la estructura metálica y el pie de acero galvanizado y la barra de acero cromado.

A continuación se muestran recogidos en una tabla los parámetros más característicos de cada material.

MATERIALES/PROPIEDADES	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson	Tensión de rotura (MPa)
Polipropileno (PP)	1.126	0.4	30

Acero galvanizado	200	0.29	500
Acero cromado (AISI 1045)	205	0.29	585

[Tabla 3: Materiales y propiedades]

A la hora de definir el material en el módulo de análisis de CATIA V5, sólo son necesarios los parámetros del módulo de elasticidad o módulo de Young y el coeficiente de Poisson. Al resto de parámetros que definen el material se les asigna el valor 0.

Posteriormente, una vez creados los distintos materiales de los que se compone la silla, se procede a asignar a cada elemento el material correspondiente.

4. DEFINICIÓN DE CARGAS APLICADAS

Las cargas aplicadas se han obtenido a partir de la norma UNE-EN 1335-/2009 que trata de los métodos de ensayo de mobiliario de oficina.

- ASIENTO

Sobre el asiento se han aplicado dos tipos de carga repartidas uniformes; en la parte del respaldo el valor de la carga es igual a 560N, en la parte del asiento, donde recae mayor peso, el valor de la carga es mayor, 1600N.

- PIE + BARRA ROSCADA

La carga es aplicada en la barra roscada, en uno de sus extremos. En este caso la carga aplicada ha sido la misma que en el asiento, 1600N. Sin embargo, el ensayo ha sido a torsión, para evaluar el comportamiento que tendría la barra roscada ante la situación más crítica.

ELEMENTO	CARGA (N)	TIPO DE ENSAYO
RESPALDO	560	FLEXIÓN
ASIENTO	1600	FLEXIÓN
PIE + BARRA ROSCADA	1600	TORSIÓN

[Tabla 4: Resumen datos]

5. DEFINICIÓN DE APOYOS

Finalmente, antes de proceder a la operación de cálculo de las mallas generadas, se tienen que definir los puntos de apoyos, así como el tipo. En este caso el análisis que se ha realizado es estático, y por tanto los apoyos que se han fijado en ambos casos han sido de empotramiento (*clamp*).

En el caso del análisis del asiento, se ha determinado que el empotramiento iría en la parte que va anclada con el “*ala de mariposa*”.

En el apartado de *Procedimiento* se pueden ver los apoyos de ambas mallas.

6. RESULTADOS

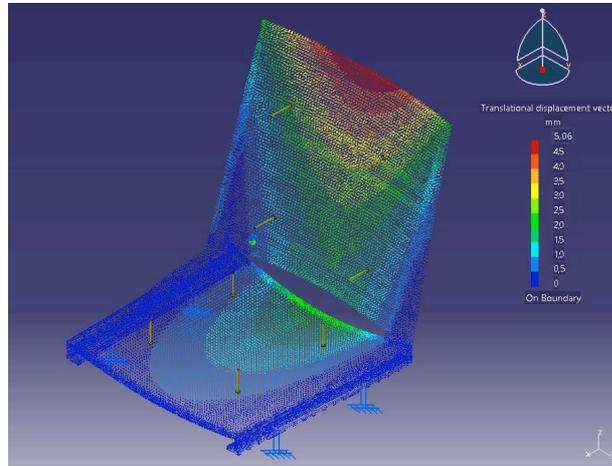
Dado que se han analizado de forma independiente el *pie del asiento*, se procederá al análisis de los resultados de forma separada también.

- ASIENTO

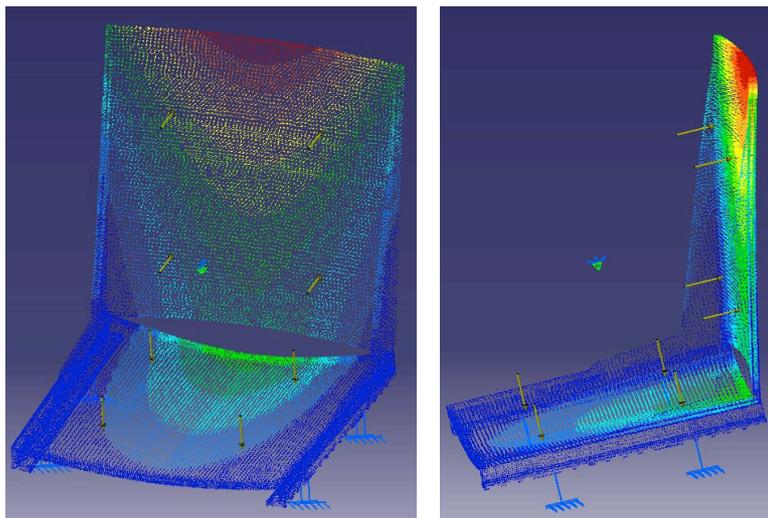
El desplazamiento máximo se localiza en la zona roja (parte superior del respaldo). Ello se debe, a que dado que la pieza del asiento es única y además no hay ningún tipo de sujeción, ni siquiera con estructura, se produce un mayor desplazamiento. No obstante el resultado del desplazamiento es de 5mm, por lo que se considera despreciable teniendo en cuenta que con las cargas aplicadas se permite un desplazamiento promedio de 13,8mm. Por tanto, los resultados obtenidos se considerarán aceptables obteniendo así un

asiento viable.

En la zona que separa el respaldo del asiento, es la más crítica y el desplazamiento es menor, por lo que no presentará problemas tampoco.



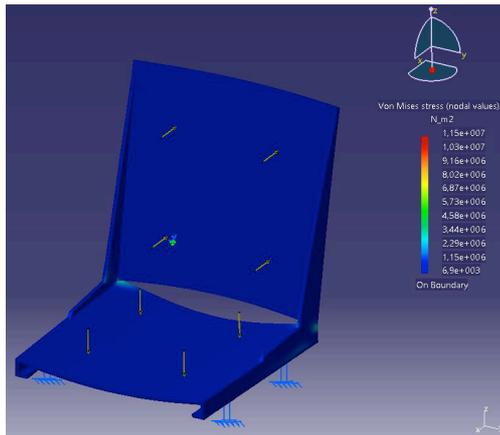
[Imagen 3: Resultados desplazamientos]



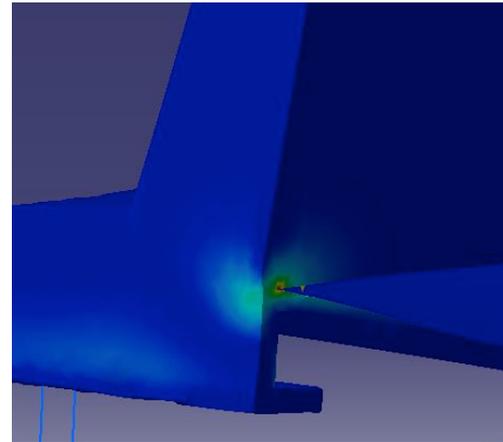
[Imagen 4: Escala de colores de los desplazamientos]

A la hora de analizar las tensiones a las que está sometido el asiento se han visualizado las tensiones de Von Mises, que dan una idea general del comportamiento que éste va a tener. Como se pueden observar en las imágenes, las tensiones son aceptables, ya que todas se encuentran en un rango bastante bajo.

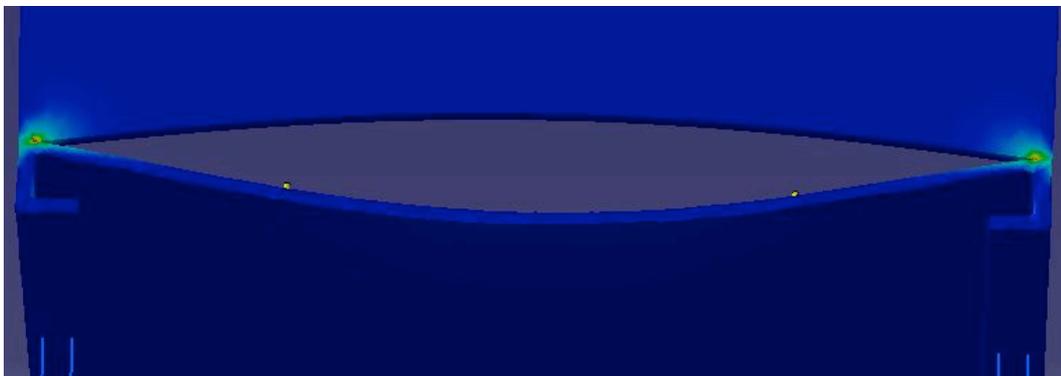
Para comprobar la validez de los valores obtenidos de las tensiones se han comparado los mismos con la tensión de rotura del material, en este caso polipropileno (PP). Siendo el límite de rotura del PP igual a 30MPa.



[Imagen 5: Resultados Tensión Von Mises]



[Imagen 6: Tensión máxima en rojo]

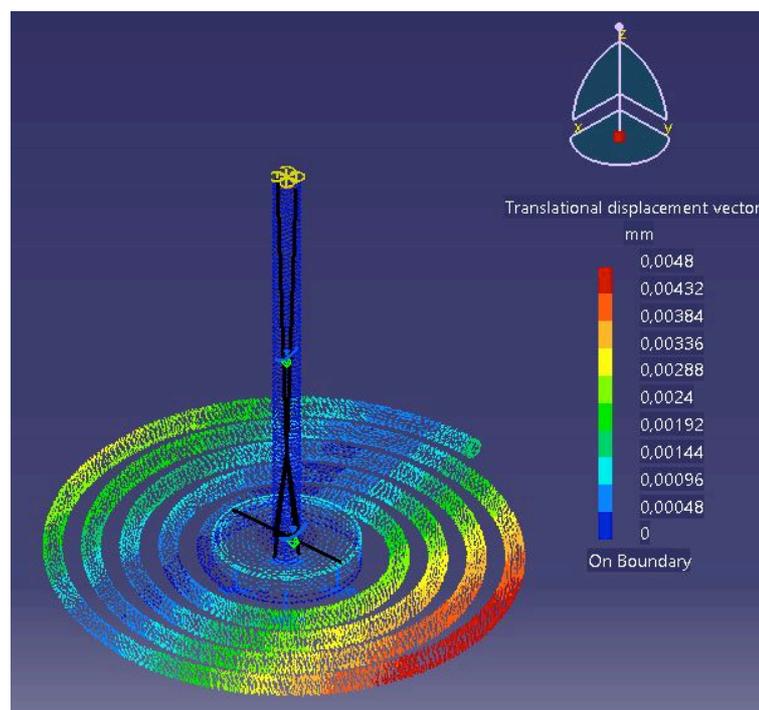


[Imagen 7: Tensiones máximas en los extremos de unión respaldo-asiento]

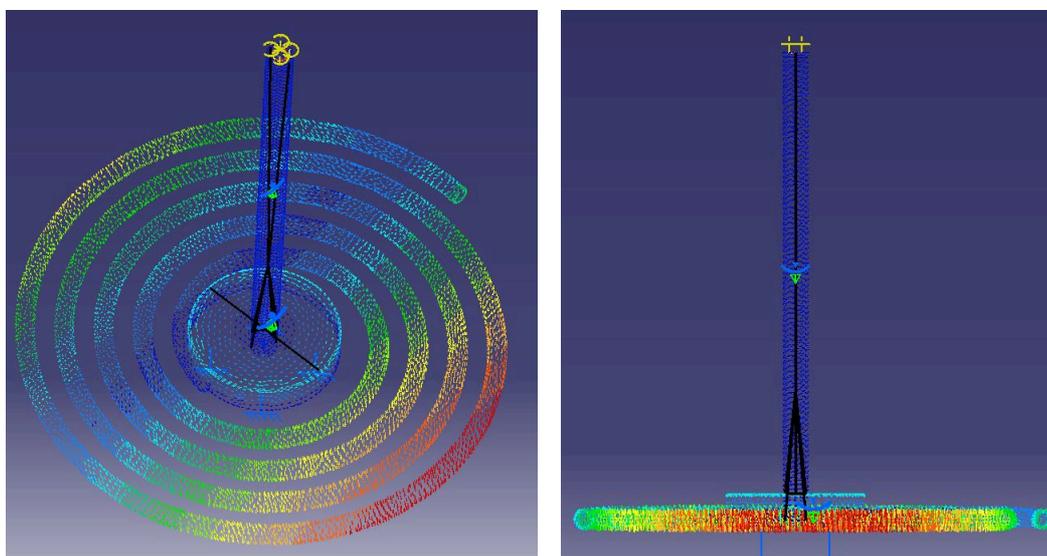
En las dos últimas imágenes se muestran las zonas más críticas, donde la tensión alcanza su valor máximo. Este punto es uno de los puntos de unión del respaldo con el asiento, además también se ve afectado por ser el punto extremo del respaldo. No obstante, como el valor obtenido es inferior al de rotura no presentará problemas de quiebra.

- PIE + BARRA ROSCADA

La zona roja muestra el desplazamiento máximo que se produce al aplicar la carga (1600N) realizando un ensayo de torsión. Este desplazamiento se da en los arcos más alejados del centro de la hélice. A pesar de ello, el desplazamiento máximo toma un valor de 0.0048mm, que resulta inapreciable y por tanto apto para que la estructura sea viable. Dado los resultados obtenidos no será necesario la incorporación de nervios que refuercen dicha estructura.



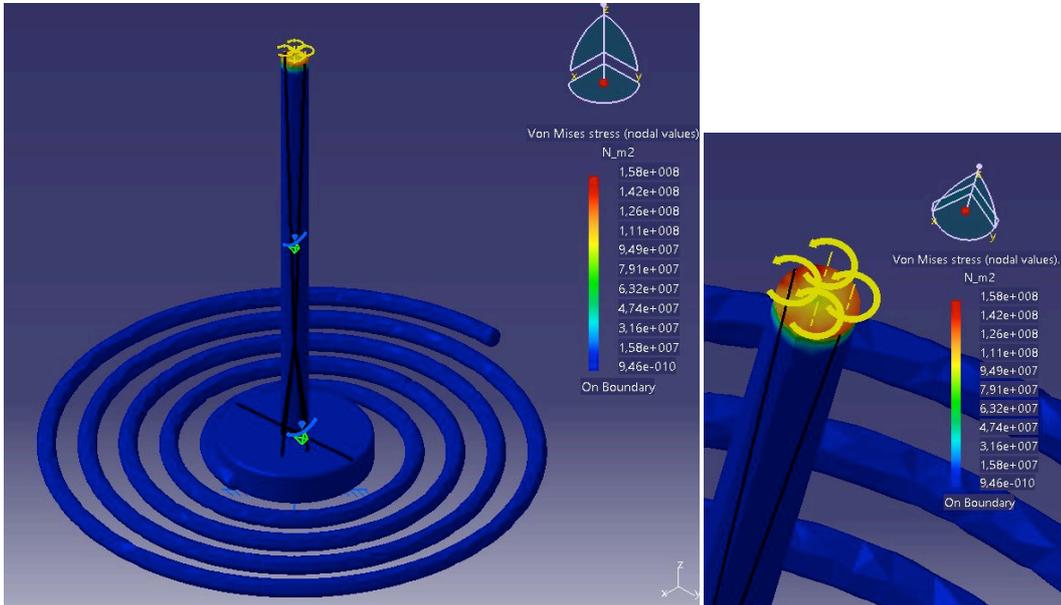
[Imagen 8: Resultados desplazamientos]



[Imagen 9: Escala de colores de los desplazamientos]

Con respecto a las tensiones a las que está sometida la barra y el pie se han analizado las tensiones de Von Mises también. Los resultados que se han obtenido son aceptables, pues para comprobar su validez se han comparado de nuevo con los valores de la tensión de rotura del material,

siendo en ambos casos notablemente inferiores a los de rotura. En el caso del acero galvanizado la tensión de rotura es de 500MPa y el valor del acero cromado 585MPa.



[Imagen 10: Resultados Tensión Von Mises]

En la tabla se recogen todos los resultados obtenidos tanto en el asiento como en el pie con la barra.

Elemento	Desplazamiento máximo (mm)	Tensión máxima (N/m ²)	Tensión rotura material (N/m ²)	¿Aceptable ?
ASIENTO	5	1.15x 10 ⁷	3x10 ⁷	Sí
PIE+BARRA	0.0048	1.58x10 ⁸	5x10 ⁸	Sí

[Tabla 5: Resumen resultados]

PLANOS

ECO 
CHAIR

.....PLANOS

Los planos, tanto los de *fabricación* así como los de *usuario* se encuentran adjuntos en las carpetas correspondientes.

PRESUPUESTO



ÍNDICE PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	93
2. COSTO DE FABRICACIÓN.....	94
3. PRESUPUESTO INDUSTRIAL.....	101
4. PRECIO VENTA EN FÁBRICA.....	103



.....PRESUPUESTO

El hecho de que el material escogido sea polipropileno nos permite ahorrar costes, tanto en el material inicial como en su procesado, ya que al tener mayor flexibilidad que otros plásticos que presentan más rigidez, se necesita menos tiempo para conseguir la geometría deseada. Los cortes, como se ha explicado en el apartado de procesos tecnológicos, se realizarán por láser con CNC. El uso de estas tecnologías permiten ahorrar tiempo y aumentar la producción.

Además como no existe herramienta física y el cálculo de la trayectoria a seguir por el cabezal depende de un archivo CAD, con esta misma máquina se pueden obtener las distintas geometrías que se deseen.

En el caso de la estructura, tanto el ala de mariposa como la barra o el pie, al tratarse de acero tubular galvanizado o acero cromado comercial, nos supondrá un ahorro considerable en la producción de la estructura, evitando el gasto de energía, de mano de obra, tiempo y material desechado en la fabricación de los tubos.

De hecho para aprovechar el ahorro que supone el uso de elementos comerciales, a la hora de obtener la barra que forma parte de la estructura metálica de la silla y da altura a ésta, se ha optado por obtener dos tipos de barra, tanto barras comerciales roscadas, que posteriormente se tronzan en longitudes de 25mm y se sueldan, como barras de acero cromado. En lugar de obtener simplemente barras de acero cromado sobre las que se mecaniza el roscado.

De esta manera, aunque el número de operaciones es mayor (tronzado y soldadura), se evita realizar la operación de mecanizado de roscado a ambos lados de la barra suponiendo otra máquina y dando lugar a un mayor tiempo de producción.

Por otro lado, la máquina empleada en el curvado está dotada de un sistema de CNC, ahorrando así en el tiempo de fabricación y produciendo más en menos tiempo.

A continuación se muestra el presupuesto global dando así un precio aproximado del coste total de la silla

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo es conocer el precio de venta del proyecto Eco-Chair, tomando como referencia una producción anual de 2400 unidades.

El precio que se ha obtenido por unidad de venta procede de unas premisas que se han establecido, es decir, para la fabricación de estas 2400 unidades se ha supuesto que sólo existe un puesto de trabajo para cada operación. Por eso el presupuesto que se estima es orientativo. Los datos son aproximados, varían los tiempos de fabricación y los precios de los elementos proyectados en función de los diferentes mercados.

2. COSTO DE FABRICACIÓN

El costo de fabricación (Cf) tiene en cuenta tres componentes: material, mano de obra directa (m.o.d) y puestos de trabajo (p.t).

$$Cf = \text{material} + \text{m.o.d.} + \text{p.t.}$$

2.1 MATERIAL

El precio de los materiales empleados en la fabricación del diseño proyectado están tomados a fecha del año 2014. A continuación se muestra una tabla con el costo del material de cada pieza para un total de 2400 unidades.

Material	Pieza	Nº piezas	Cantidad	€/unidad	€/total
PP	Asiento	2.400 (300 planchas)	4.800 kg	6€/kg	28.800
PP	respaldo	2.400 (480 planchas)	7.680 kg	6€/kg	46.080
PP	carcasa	2.400 (64	1.024 kg	6€/kg	6.144

planchas)					
AISI 1045	Barra cromada	2.400	172 barras	90€/barra	15.480
ACERO	Barra roscada	4.800	60 barras	75€/barra	4.500
ACERO GALVANIZADO	Alas de mariposa	2.400	8.400 kg	1,35€/kg	2.760
ACERO GALVANIZADO	Pie	2.400		1,35€/kg	11.352
TOTAL					108.972

[Tabla 1: Material-Unidades-Coste]

Tanto el asiento como el respaldo se obtienen de planchas que serán posteriormente cortadas con láser para la obtención de los distintos elementos. En el caso de la carcasa esférica también se ha considerado que se obtienen a partir de planchas que son fundidas con anterioridad.

Se parte de planchas de dimensiones 2200x1000mm² de espesor 8mm. Dado las diferentes dimensiones del asiento y del respaldo de dichas planchas se obtendrán 8 asientos/plancha y en el caso de los respaldos 5 respaldos/plancha. El peso de cada plancha son 16Kg/plancha. Resultando finalmente:

1. 8 asientos/plancha → 300 planchas
2. 5 respaldos/plancha → 480 planchas
3. 38 esferas/plancha → 64 planchas
4. planchas totales: 844 planchas
5. peso total: 844 planchas x 16 kg/planchas = 13.504kg

Las barras roscadas suministradas por el comerciante *Rosmil* son barras de 2m, por tanto se necesitan 60 barras.

En el caso de las barras cromadas, cuyo comerciante es *Acil*, la longitud de las barras son de 6m, necesitando un total de 172 barras.

El acero galvanizado proporcionado por *Arequipa*, también se vende en base a su peso:

1. Peso (ala): $0,570\text{kg/m} \rightarrow 1,5\text{m/ala} \times 0,570\text{kg/m} = 0,855\text{kg/ala}$
2. Precio (ala): $0,855\text{kg/ala} \times 1,35\text{€/kg} = 1,15\text{€/ala}$ $P_{\text{total}}: 2760\text{€}$
(2400 uds.)
3. Peso (pie): $0,742\text{kg/m} \rightarrow 4,718\text{m/pie} \times 0,742\text{kg/m} = 3,5\text{kg/pie}$
4. Precio (pie): $3,5\text{kg/pie} \times 1,35\text{€/kg} = 4,73\text{€/pie}$ $P_{\text{total}}: 11.352\text{€}$
(2400 uds.)

2.2 MANO DE OBRA DIRECTA (m.o.d)

Se conoce por mano de obra directa al conjunto de operarios que se encuentran relacionados directamente con la producción y la responsabilidad sobre su puesto de trabajo.

A la hora de determinar la mano de obra directa es necesario tener en cuenta lo siguiente:

Días naturales (Dn)	365	Dr: días reales trabajo/año. Dr = 219 días
Deducciones (D)	146	
Sábados	52	He: horas efectivas de trabajo/año (se establecen por convenio). He=1752h
Domingos	52	
Vacaciones (días laborables)	30	Jd: jornada efectiva/día
Fiestas	8	Jd=Dr/He=8horas/día
Días reales: Dr= Dn-D	219	

[Tabla 2: Días reales de trabajo]

Según el Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid establece 30 días naturales de vacaciones.

La tabla salarial de 2014 que se muestra a continuación representa

una tabla salarial confeccionada para las categorías de mano de obra de la industria general.

	Oficial 1 ^a	Oficial 2 ^a	Oficial 3 ^a	Especialista
Salario base día	22.82	22.72	22.63	22.58
Plus día	18.53	17.09	15.30	14.83
Salario día	41.53	39.81	38.29	37.87
Remuneración anual	17650.25	16919.32	16260.50	15886.50
Salario/hora	10.07	9.65	9.28	9.06

[Tabla 3: tabla salarial 2014]

Elementos fabricados y montaje	Cantidad	Maquinaria	Operario	Salario (€/h)	Tiempo (h)	Coste (€)
Asiento	2400	Corte	especialista	9.06	120	1087.2
		Doblado	especialista	9.06		1087.2
		Soldadura	especialista	9.06		1087.2
Ala mariposa	2400	Corte	especialista	9.06	120	1087.2
		Curvado	especialista	9.06		1087.2
		Soldadura	especialista	9.06		1087.2
Carcasa	2400	Molde inyección	Oficial de 1 ^a	10.07	120	1208.4
Barra	2400	Corte	especialista	9.06	48	434.88
		Soldadura	especialista	9.06		434.88
Pie	2400	Curvado	especialista	9.06	120	1087.2
		Soldadura	especialista	9.06		1087.2
TOTAL						10775.76

[Tabla 4: coste de mano de obra directa]

2.3 PUESTO DE TRABAJO (P.trabajo)

La puesta a punto para la realización del proyecto supone un costo, es decir, los puestos de trabajo con su correspondiente maquinaria e instalaciones suponen un plus en el precio final del producto. Este costo varía en concordancia con la naturaleza y características del puesto.

En la siguiente tabla se muestra tanto las horas anuales (**Hf**), como las horas de vida prevista (**Ht**). Las horas anuales de funcionamiento se obtienen estableciendo un número estimado de horas de funcionamiento al año de cada máquina. En este caso se ha considerado que todas las máquinas tendrán un funcionamiento de 8 horas/días y funcionarán todos los días reales, es decir, 219; obteniendo así un total de 1752h/anuales.

En el caso de la vida prevista, ésta se calcula como el producto del período de amortización **p** por las horas anuales de funcionamiento.

El período de amortización (**p**) se define como la duración en años durante la cual se está recuperando el valor de la máquina utilizada en el puesto de trabajo. La legislación actual considera 10 años como período normal de amortización.

MAQUINARIA	Hf	Ht
Dobladora	1752	17520
Curvado	1752	17520
Soldadora	1800	18000
Máquina de corte láser	2000	20000
TOTAL	7304	73040

[Tabla 5: HORAS ANUALES Y HORAS DE VIDA PREVISTA]

Cada puesto de trabajo se debe analizar según las siguientes características:

MAQUINARIA	CAPITAL INVERTIDO	INTERÉS INVERSIÓN	AMORTIZACIÓN	MANTENIMIENTO
Dobladora	10.000€	0.57	0.57	0.23
Curvado	1.500€	0.09	0.09	0.03
Soldadora	200€	0.01	0.01	0.004
Máquina de corte láser	30.000€	1.5	1.5	0.6

[Tabla 6: CARACTERÍSTICAS PUESTO DE TRABAJO]

- **Interés de inversión (I):** Este parámetro tiene en cuenta el interés que se habría obtenido en caso de que el capital invertido (C) se hubiera empleado en otra clase de inversión. Se da lugar a un interés dejado de percibir y se establece un rédito del 10%. $r=0.10$

$$I = (C \times r) / H_f$$

- **Amortización (Ah):** representa el costo anual para compensar el valor de la inversión. El costo horario (Ah) se determina a través de la siguiente expresión.

$$A_h = (C/p) / H_f$$

- **Mantenimiento (Mh):** las máquinas y cualquier puesto de trabajo requieren un revisiones periódicas y reparaciones, tales como sustitución de piezas sueltas o conjuntos para evitar averías. Ello supone un costo de mantenimiento. El porcentaje de mantenimiento aplicable a todos los puestos de trabajo es del 4%. $m = 0.04$.

$$M_h = (C \times m) / H_f$$

En la siguiente tabla se muestra la energía consumida por cada máquina, la potencia contratada, así como el coste horario de la energía consumida. Para calcular la energía consumida E_h , previamente se debe calcular el consumo anual de cada puesto de trabajo, el consumo bimestral, establecer el costo y aplicarlo en cada puesto.

- Consumo bimestral: Consumo anual/6

$$10.467,2/6 = 1.744,53 \text{ Kwh}$$

- Potencia contratada: 5Kw

$$5\text{Kw} \times 4,923\text{€/Kw} = 24,615\text{€}$$

- Potencia consumida: consumo bimestral x precio €/Kwh

$$1.744,53 \text{ Kwh} \times 0,138 \text{ €/Kwh} = 240,746\text{€}$$

- Energía consumida: consumo total/costo del Kwh

$$\text{-costo total} = 24,615 + 240,746 = 265,361\text{€}$$

$$\text{- costo del Kwh} = 265,361\text{€}/1.744,53 \text{ Kwh} = 0.15\text{€/Kwh}$$

MAQUINARIA	POTENCIA (Kw)	Hf (h)	CONSUMO ANUAL (Kwh)	Eh (€/h)
Dobladora	1	1752	1752	0.15
Curvado	0.1	1752	175.2	0.015
Soldadora	0.3	1800	540	0.04
Máquina de corte láser	1	2000	2000	0.15
TOTAL	2.4	7304	10.467,2	0.36

[TABLA 7: Energía consumida y coste horario de la misma]

Una vez calculado todos los parámetros influyente en un puesto de trabajo, pasaremos a calcular el valor total del puesto de trabajo.

MAQUINARIA	Hf	Ih	Ah	Mh	Eh	PUESTO TRABAJO
Dobladora	1752	0.57	0.57	0.23	0.15	2733,12
Curvado	1752	0.09	0.09	0.03	0.015	401,208
Soldadora	1800	0.01	0.01	0.004	0.04	151,2
Máquina de corte láser	2000	1.5	1.5	0.6	0.15	758
TOTAL						4.043,528

[TABLA 8: COSTO DEL PUESTO DE TRABAJO]

3. PRESUPUESTO INDUSTRIAL

El presupuesto industrial es el procedimiento a través del cual se obtiene el precio de venta en fábrica del producto que se está desarrollando. Este presupuesto se compone de varios factores:

- **Mano de obra indirecta (m.o.i):**

Se entiende por mano de obra indirecta al conjunto de operarios que se encuentran relacionados directamente con la producción, sin embargo no tienen responsabilidad directa sobre el puesto de trabajo. El porcentaje aplicado es del 37.5% y éste se aplica en el presupuesto industrial sobre el coste de la mano de obra directa.

$$\text{m.o.i} = 37.5\% \text{ m.o.d} = 4.040,91\text{€}$$

- **Cargas sociales (C.S):**

Las cargas sociales representan el conjunto de aportaciones de la empresa a los diversos departamentos y organismos oficiales, con el fin de

cubrir las prestaciones del personal en materia de Seguridad Social y Accidentes de Trabajo, así como, otras previsiones de carácter general o coyuntural, tal como Formación Profesional, Seguro de desempleo, Fondo de garantía social... Para determinar las cargas sociales, se aplica un porcentaje establecido legalmente sobre la remuneración anual de ambas clases de mano de obra.

$$\mathbf{C.S = 20\% (m.o.d + m.o.i) = 2.963,334\text{€}}$$

- **Gastos generales (G.G):**

Los gastos generales son el costo total necesario para el correcto funcionamiento de la empresa. Dependiendo de las características y magnitud de la misma, los gastos generales aparecerán en determinadas partidas que quizá no integren las de otras industrias. En este apartado se suelen incluir conceptos como la nómina de los empleados, pluses, incentivos, gastos de administración, elementos de seguridad, licencia fiscal, consumo de energía y amortización de los edificios o naves.

Para determinar los gastos generales se aplica un porcentaje sobre la m.o.d, concretamente un 25%.

$$\mathbf{G.G = 25\% \text{ de } m.o.d = 2.693,94\text{€}}$$

- **Costo total en fábrica (C.t):**

El costo total en fábrica es la suma de los cuatro conceptos anteriores, es decir, el costo de fabricación (C.f), la mano de obra indirecta (m.o.i), las cargas sociales (C.S) y los gastos generales (G.G):

$$\mathbf{C.t = C.f + m.o.i + C.S + G.G = 133.489,472\text{€}}$$

Siendo:

- $C.f = \text{material} + m.o.d + p.\text{trabajo} = 123.791,288\text{€}$
- $m.o.i = 4.040,91\text{€}$
- $C.S = 2.963,334 \text{€}$
- $G.G = 2.693,94\text{€}$

- **Beneficio industrial (B.I):**

El beneficio industrial es el establecido por la empresa y también se expresa en forma de porcentaje. En este caso es aplicado sobre el costo total en fábrica. El porcentaje establecido es un 20%.

$$\mathbf{B.I = 20\% \text{ de } C.t = 26.697, 896\text{€}}$$

4. PRECIO VENTA EN FÁBRICA P.v)

El precio de venta en fábrica es la suma del costo total y el beneficio industrial. A ello se le suma el I.V.A (impuesto sobre el valor añadido), éste es un porcentaje del precio de venta. El porcentaje establecido es el 21%.

$$\mathbf{P.v = C.t + B.I + 21\% (C.t + B.I) = 33.369, 347\text{€}}$$

Para obtener el precio de venta al público dividiremos el precio total de venta en fábrica entre las unidades totales a fabricar resultando:

$$\mathbf{\text{Precio unitario} = P.v/\text{unidades} = 80,76\text{€}}$$

Hay que decir que el precio podrá variar en base al lugar al que sea destinado. Los gastos incrementarán si el traslado del producto es directamente al punto de venta, o bien, pasará del almacén de fabricación a otros para posteriormente trasladarlos al punto de venta definitivo.

PRESUPUESTO INDUSTRIAL

ECO-CHAIR	2400 UNIDADES	EFFECTUADO POR: CRUZ GONZÁLEZ, ALBA.
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
COSTO DE FABRICACIÓN	material	123.791, 288
	m.o.d	

	p.trabajo	
M.O.I	37,5% de m.o.d	4.040,91
C.S	20% (m.o.d + m.o.i)	2.963,334
G.G	25% de m.o.d	2.693,94
COSTO TOTAL FÁBRICA	C.f + m.o.i + C.S + G.G	133.489,472
BENEFICIO INDUSTRIAL	20% de C.t	26.697, 896
PRECIO VENTA FÁBRICA	C.t + B.I + 21% (C.t + B.I)	33.369, 347
PRECIO UNITARIO	P.v./unidades	80,76

Tabla 9: Resumen presupuesto industrial

CONCLUSIÓN

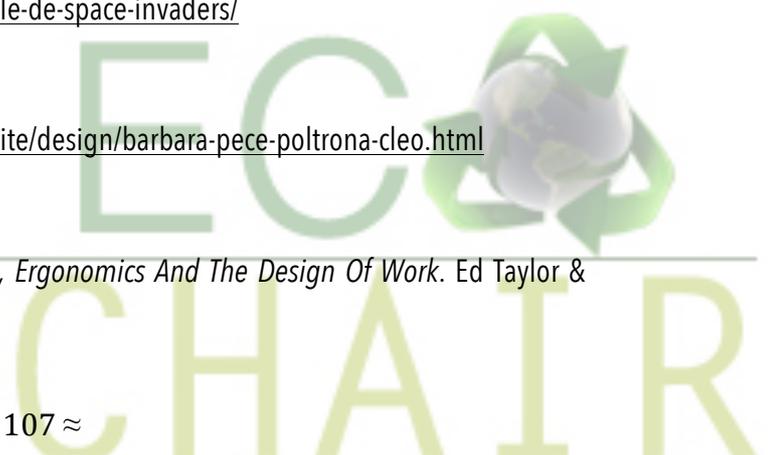
Una vez expuesta la idea y los objetivos que se pretenden lograr con el desarrollo de Eco-Chair, cabe decir que no se trata de una idea fácil de desarrollar, pues los consumidores actualmente se encuentran muy encasillados con la mentalidad de "*usar y tirar*" como se ha comentado con anterioridad. Sin embargo, esa concepción debe cambiarse inmediatamente y Eco-Chair es un buen comienzo.

Resulta atractivo por diversos motivos, el hecho de que el usuario pueda combinar a su gusto la silla es un punto positivo y ventajoso respecto a la competencia. Además, dado los materiales y el aprovechamiento al máximo de todos los recursos que se emplean en su desarrollo, hace que se refleje en su precio final, obteniendo así una silla económicamente viable.



ÍNDICE GRÁFICO

- Imagen 1:
<http://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/files/2011/02/Sin-t%C3%ADtulo-12.jpg>
[08/06/2014]
- Imagen 2:
<http://www.construible.es/noticias/ecodiseno-en-la-coleccion-new-ronda-de-andreu-world>
[13/05/2014]
- Imagen 3:
<http://www.archiexpo.com/prod/skitsch/cardboard-children-s-chairs-63467-279140.html>
[13/05/2014]
- Imagen 4:
<http://www.catalogodiseno.com/2013/05/01/clasicos-silla-bkf-del-grupo-austral/>
[13/05/2014]
- Imagen 5:
<http://jdeo.blogspot.com.es/2012/07/silla-m-por-carlos-santaella.html>
[13/05/2014]
- Imagen 6:
<http://mobcat.blogspot.com.es/2010/08/silla-standard-desmontable-de-jean.html>
[15/04/2014]
- Imagen 7:
<http://decoracionviva.com/otras-formas-de-unir-madera/>
[15/04/2014]
- Imagen 8:
<http://www.yankodesign.com/2007/04/11/mosquito-chair-by-michael-bihain/>
[15/04/2014]
- Imagen 9:
<http://www.ojadesign.is/index.php/design/view/furniture>
[15/04/2014]
- Imagen 10:
<http://www.pixfans.com/silla-desmontable-de-space-invaders/>
[15/04/2014]
- Imagen 11:
<http://www.socialdesignmagazine.com/site/design/barbara-pece-poltrona-cleo.html>
[15/04/2014]
- Imagen 26:
S. Pheasant. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work*. Ed Taylor & Francis, 1998.



- Imagen 28:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/polipropileno.html>
[18/03/2014]
- Imagen 29:
<http://www.acil.cl/productos-pro.php?idcat=2&idpro=5>
[4/05/2014]
- Imagen 30:
<http://www.acil.cl/productos-pro.php?idcat=2&idpro=5>
[4/05/2014]
- Imagen 31:
Apuntes PAF 4º GRADO DISEÑO UVa.
- Imagen 32:
Apuntes PAF 4º GRADO DISEÑO UVa.
- Imagen 33:
Apuntes PAF 4º GRADO DISEÑO UVa.
- Imagen 34:
Apuntes PAF 4º GRADO DISEÑO UVa.
- Imagen 35:
<http://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Plegadoras-de-plastico-Ouplan-111615.html>
[1/05/2014]
- Imagen 36:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.87.6958&rep=rep1&type=pdf>
[1/05/2014]
- Imagen 37:
<http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-Doblado>
[1/05/2014]
- Imagen 38:
https://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf
[13/05/2014]
- Imagen 39:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2013/11/soldadura-de-plasticos.html>
[13/05/2014]
- Imagen 40:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2013/11/soldadura-de-plasticos.html>
[13/05/2014]
- Imagen 41:
<http://www.blmgroupp.com/es/productos/dobladoras/tubos/800vgp.aspx>
[3/05/2014]
- Imagen 44:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos->



[ii.html](#)

[11/05/2014]

- Imagen 45:

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-8/inyeccion/el_molde.html

[11/05/2014]

- Imagen 48:

<http://www.muelles-industriales.es/tienda-online/muelles-de-compresion/alambre-de-piano-gama-a-y-b>

[11/05/2014]

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- New chairs. Mel Byars, 2006. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona 2006.
- 50 tables. Innovations in Design and Materials Mel Byars. Pro design series. Roto visión.
- Bosque (Valdivia) v.26 n.1 Valdivia 2005

PÁGINAS WEBS

ECODISEÑO:

- <http://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/files/2011/02/Sin-t%C3%ADtulo-12.jpg>
[8/6/2014]
- <http://www2.uca.es/grup-invest/cit/Eco-diseno.htm>
- [8/6/2014]

MATERIALES: PLÁSTICO

- http://www.ceplastics.com/_papers/Polyprop_Rev2008_ver2.pdf
[18/03/2014]
- http://www.dynalabcorp.com/technical_info_polypropylene.asp
[18/03/2014]
- <http://www.vamptech-iberica.com/pp.php>
[18/03/2014]
- Tabla: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/polipropileno.html>
[18/03/2014]

MATERIALES: ACERO

- http://www.acerosotero.cl/barras_cromadas.html
[4/05/2014]



- <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>
[4/05/2014]
- <http://www.acil.cl/productos-pro.php?idcat=2&idpro=5>
[4/05/2014]
- <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa-noticias/informacion-corporativa-noticias/article/tubos-galvanizados-de-aceros-arequipa-duracion-y-resistencia/chash/62cec7098ea85626e2678d1f0d38e09d.html>
[4/05/2014]

ESTUDIO ANTOPOMÉTRICO:

- http://books.google.es/books?id=nwfvSbuyBdMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
[4/05/2014]
- S. Pheasant. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work*. Ed Taylor & Francis, 1998.
- Tablas: National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH). USA.
- Análisis de la ergonomía de dos modelos de sillas de oficina del programa atenea. universidad de alicante. septiembre 2007. [pdf]

TECNOLOGÍA LÁSER:

- <http://www.troteclaser.com/es-ES/Materiales/Pages/Plastico.aspx>
[7/4/2014]
- <http://www.plasergroup.es/corte-laser/>
[7/4/2014]
- <http://www.rofin.es/es/mercados/laser-procesado-plastico/>
[7/4/2014]
- <http://www.cutlasercut.com/laser-cutting-materials-laser-engraving-materials/white-polypropylene-sheet>
[7/4/2014]
- http://www.trotec.net/_Cutting/_es-ES/_135+Plastic.htm
[7/4/2014]
- Apuntes PAF 4º Grado en Diseño UVa. Curso 2013/2014.
- Técnicas modernas de conformado plástico, corte y electroerosión. ING. GUILLERMO CASTRO. (PDF)

TECNOLOGÍA PLEGADO:

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.87.6958&rep=rep1&type=pdf>
[1/5/2014]
- <http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-Doblado>
[1/5/2014]
- <https://sites.google.com/site/olakase199898/4-fabricacion-de-los-plasticos/tecnicas-de-plegado>
[1/5/2014]
- <http://www.tim-ing.com/Las-herramientas.143.0.html>
[1/5/2014]

TECNOLOGÍA INYECCIÓN:

- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>
[11/05/2014]
- http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/el_molde.html
[11/05/2014]

TECNOLOGÍA DE ADHESIÓN:

- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2013/11/soldadura-de-plasticos.html>
[13/05/2014]
- https://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf
[13/05/2014]
- <http://www.ensinger.es/es/informacion-tecnica/mecanizado/union-o-adhesion>
[13/05/2014]
- <http://www.cientificosaficionados.com/libros/pegamento.pdf>
[13/05/2014]
- http://www.henkel.es/ess/content_data/86626_plastic_Bonding_brochure.pdf
[13/05/2014]

ANCLAJE:

- <http://www.muelles-industriales.es/tienda-online/datos-t%C3%A9cnicos/muelles-de-compresion-gama-a-y-b>
[30/05/2014]
- <http://www.muelles-industriales.es/tienda-online/muelles-de-compresion/alambre-de-piano-gama-a-y-b>
[30/05/2014]
- <http://www.muelles-industriales.es/tienda-online/muelles-de-compresion>
[30/05/2014]

VIABILIDAD:

- http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-2002005000100013&script=sci_arttext
[1/07/2014]

ANEXO I

CATÁLOGO



.....CATÁLOGO

A continuación se muestran la diversa gama de asientos, carcasas esféricas y pies que podríamos encontrar de *Eco-Chair*.

1. ASIENTOS

1.1 ASIENTOS GAMA 1



1.2 ASIENTOS GAMA 2

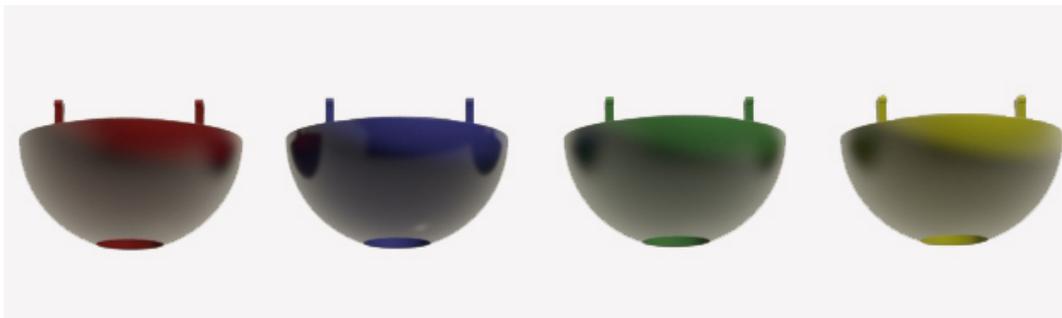


1.3 ASIENTOS GAMA 3



2. CARCASAS ESFÉRICAS

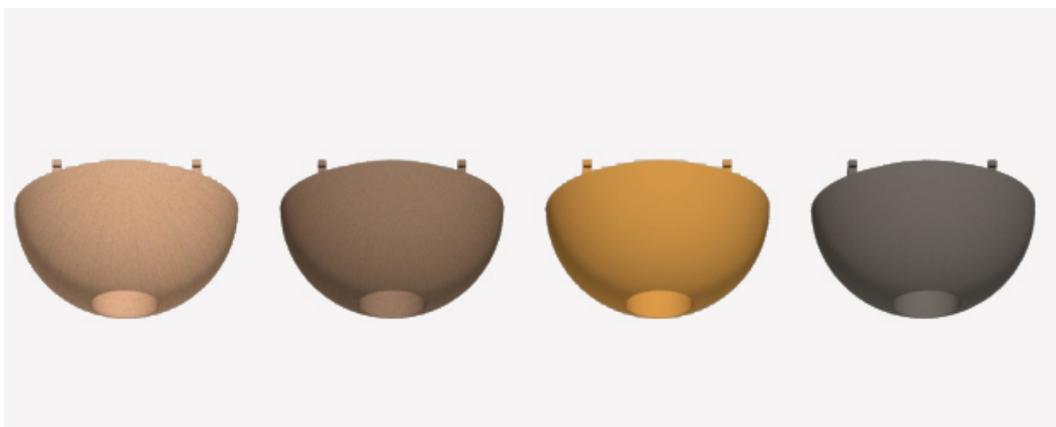
2.1 CARCASAS ESFÉRICAS GAMA 1



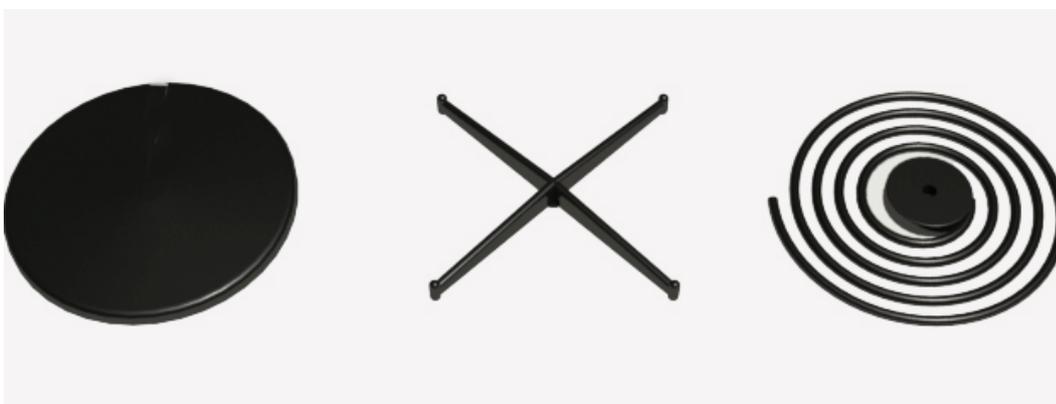
2.2 CARCASAS ESFÉRICAS GAMA 2



2.3 CARCASAS ESFÉRICAS



3. PIES



4. POSIBLES COMBINACIONES

4.1 COMBINACIÓN 1



4.2 COMBINACIÓN 2



ANEXO II

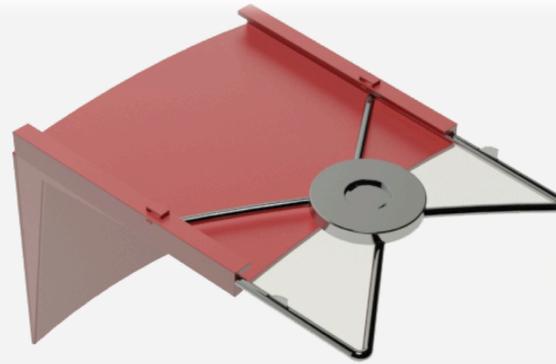
INSTRUCCIONES USUARIO



SILLA ECO-CHAIR



1. Hazte con el modelo de asiento y color que más te guste.



2. Introduce el ala de mariposa entre los railes que hay en la parte inferior del asiento y asegúrate que haga ¡click!



3. Introduce la carcasa esférica en las hendiduras del ala de mariposa. ¡Recuerda no tiene por qué ser del mismo color!



4. Rosca la barra en la carcasa esférica.



5. Por último rosca el pie en la barra.



¡LISTO PARA USAR!

ANEXO III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS





DIMENSIONES PRINCIPALES

- ASIENTO DE POLIPROPILENO FLEXIBLE. COMERCIALIZADO EN DIFERENTES COLORES Y MODELOS
- MECANISMO DE AJUSTE EXTRAIBLE
- ESTRUCTURA METÁLICA DE ACERO
- PIE DE ACERO GALVANIZADO. COMERCIALIZADO EN DIFERENTES MODELOS.
- PIEZAS INTERCAMBIABLES

DESCRIPCIÓN:

Silla *Eco-Chair* apta para emplazamientos tanto interiores como exteriores, resistente a los agentes externos. Se compone de cinco piezas intercambiables. El modelo de asiento y del pie, así como el color es seleccionado por el usuario.

La estructura es de acero y el asiento de polipropileno. Material que soporta impactos superiores al PP. Con rigidez y dureza superficial. Diseño ergonómico y transpirable.

MODELOS Y COLORES:



ASIENTOS

CARCASAS ESFÉRICAS