

Diseño y fabricación de una tabla de surf

Jose Carlos Ruiz Martínez

Trabajo Final de Grado de Ingeniería Mecánica.

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltru, EPSVG

Resumen

Este proyecto presenta el estudio y la fabricación de un prototipo de una tabla de surf. Con él se busca dar solución a los principales problemas medioambientales que presentan los materiales utilizados actualmente en la industria del surf.

En él se recoge el proceso de fabricación del prototipo. Desde el estudio de las diferentes partes y formas de las tablas de surf, los tipos de usuarios, procesos de fabricación y los materiales utilizados en la actualidad; hasta la fabricación del prototipo final con la sustitución de los materiales elegidos.

Llegando así a la fabricación de un prototipo final con unos valores de reducidos en cuanto al impacto ambiental generado por los materiales.

1. Introducción

El presente proyecto consiste en la fabricación de un prototipo de una tabla de surf. Lo que se busca es dar una solución real a los materiales utilizados actualmente en la industria del surf. Se buscan opciones sostenibles, económicas y que cumplan las características mínimas para garantizar que el prototipo funcione.

La necesidad de encontrar una posible opción más sostenible para la fabricación de tablas de surf es cada vez más urgente. Esto se debe a los problemas que presentan las fases del ciclo de vida de las tablas de surf (producción, uso y desechado) en la actualidad; siendo excesivamente contaminantes.

Las tablas de surf están compuestas por un núcleo (interior) de espuma de poliuretano o espuma de poliestireno, envuelto con fibra de vidrio y cubiertas en resina (poliéster o epoxi). Ambas tecnologías (espuma de poliuretano + resina de poliéster o espuma de poliestireno + resina de epoxi) poseen un gran rendimiento pero también elevados valores de emisiones de CO₂ y uso de petroquímicos.; contaminando a su vez nuestras aguas, aire y suelos por la toxicidad de las espumas y las resinas sintéticas [1].

Dar solución a estos problemas es necesario en un futuro próximo, se busca un prototipo que cumpla los tres requisitos siguientes:

- Resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas que tendrá la tabla en el agua.
- Materiales reciclables con bajo impacto ambiental.

- Un diseño que cumpla las necesidades para un correcto funcionamiento y a la vez sea innovador.

2. La ingeniería de una tabla de surf

En la actualidad existen diferentes diseños de tablas de surf, la elección de uno u otro depende de la anatomía del surfista, del nivel, de las características de las olas (tamaño, fuerza...), etc.

Actualmente una gran parte de las tablas de surf se fabrican de dos formas:

1. Núcleo de poliuretano, fibra de vidrio y resina de poliéster.
2. Núcleo de poliestireno, fibra de vidrio y resina de epoxi.

La mayoría de las fases de los procesos de fabricación son manuales (pre-shape, shapeado, laminado, glaseado y acabado final). El preshape del núcleo puede ser manual, con máquinas de corte industrial o a través de máquinas de control numérico CNC. El posterior shapeado, laminado y glaseado se realiza de manera manual [2].

3. Elementos a tener en cuenta

Las tablas de surf se fabrican con dos capas de fibra en la parte superior, una en la inferior, y refuerzos a nivel de los tapones de las quillas y del invento; las principales roturas de las tablas de surf se producen en medio o en el tercio trasero, esto se debe a que no ha compresión en esas zonas y se crea un efecto palanca que favorece ese problema. Con lo que hay que prestar una especial atención a esas zonas.

Otro factor habitual es la rotura de la punta (nose) o la cola (tail) de la tabla debido a los golpes, esto puede provocar una vía de agua dejando totalmente inutilizable el núcleo [3].

4. Usuario y diseño del prototipo

En este caso el usuario del prototipo será un varón de 25 años de edad, 1,85 metros de altura, un peso de 80 kg, óptimo estado físico y un nivel intermedio-avanzado en la práctica del surf.



Fig. 1: Anatomía usuario del prototipo

4.1. Elección de materiales

La elección de los materiales es la siguiente:

- **Núcleo:** Cartón “nido de abeja”
- **Refuerzo:** Fibra de vidrio
- **Matriz:** Resina de poliéster

La elección del material para el núcleo se debe a que es un material sostenible, respetuoso con el medio ambiente, reciclable y lo principal y necesario, buenas propiedades mecánicas (ligero, alta resistencia a compresión y excelente absorción de vibraciones). Como refuerzo se utilizará fibra de vidrio, manteniendo así el principal refuerzo utilizado en la actualidad; esto se debe a la dificultad de trabajar con otras fibras (naturales o de carbono) por problemas económicos y mecánicos. La matriz que formará el material compuesto con la fibra de vidrio será la resina de poliéster. Es un material conocido, fácil de conseguir, coste inferior al de otras resinas (epoxi y epoxi-bio) y es fácil de trabajar.

4.2. Técnicas de fabricación

La fase de pre-shape del prototipo se realizará de forma manual debido a la falta de maquinaria y de presupuesto. Una vez obtenido el corte del núcleo, se procederá a las fases de shapeado, laminado, glaseado y acabado final.

4.3. Estudio de geometrías

Las dimensiones iniciales a tener en cuenta son: ancho, largo y grosor. Para definir estos valores se parte del concepto más importante en una tabla de surf, el volumen.

Con una calculadora de volumen se determina el valor necesario para el usuario en concreto, siendo este de 33,6 L. Para corroborar este dato con otra fuente se calcula el volumen a través de una gráfica específica, dando como resultado un valor aproximado de 33L. Teniendo en cuenta estos dos resultados el volumen escogido para la fabricación del prototipo es de 34L.

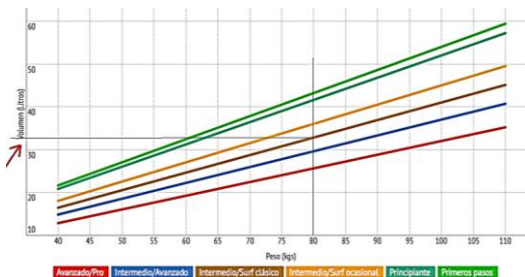


Fig. 2: Gráfica específica para el cálculo del volumen de una tabla de surf

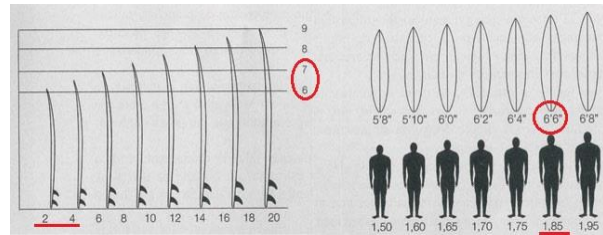


Fig. 3: Gráficos específicos para calcular el largo de la tabla

El usuario mide 1,85 metros de altura y se busca surfear olas de entre 1 y 4 metros. Tomando como referencia la Figura 3 se puede conocer el largo de la tabla ideal. Con la altura de las olas que se quieren surfear es necesario un largo de entre 6 y 7 pies (1,8 y 2,3 m) y respecto a la altura del surfista es necesario un valor alrededor de 6'6" (1,8 m).

Se han tomado estos dos datos y las medidas iniciales de la plancha de cartón “nido de abeja” (2 m x 0,6m) para definir el resto de medidas (ancho y grosor) y formas del prototipo.

Con la ayuda del software AKU Shaper, en el cual se puede conocer en todo momento el volumen de la tabla mientras se editan y diseñan las formas, se acabarán de ajustar las medidas del diseño final.

El nose y el tail tendrán un diseño estándar. El nose no tiene demasiada relevancia en el diseño final, el tail será tipo round square, favoreciendo un gran volumen en la parte trasera de la tabla. El rocker se diseña buscando un equilibrio entre control y rapidez, se puede observar en la Figura 4 la forma final de este. La curvatura es limitada ya que la plancha de cartón tiene un grosor de 50mm, limitando a este valor el grosor total de la tabla.



Fig. 4: Vista lateral diseño prototipo tabla de surf

Los rails serán del tipo med, con un gran volumen para no quedar atascados en la pared de la ola y a su vez afilados facilitando el agarre en la misma.

El bottom y el deck serán planos; ya que la modificación del bottom conlleva a una reducción de material, reduciendo el volumen total del núcleo (entre 4 y 5 litros menos), siendo así el volumen inferior a 34 L.

El edge será tipo hard en la cola e irá cambiando a tipo soft a medida que se avanza hacia el nose, consiguiendo una buena velocidad y dirección sin perder movilidad en los giros.

En la Figura 5 se puede contrastar las formas anteriormente mencionadas.

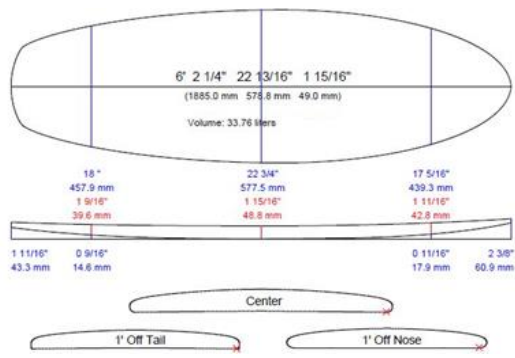


Fig. 5: Plano 2D dimensiones y formas del prototipo

Conocido el diseño final y con el plano 2D se realiza un diseño 3D con el software Catia V5, dando así forma y una idea de cómo será del prototipo una vez fabricado.

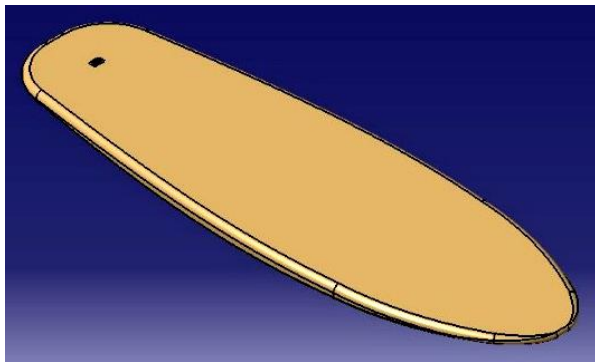


Fig. 6: Diseño 3D prototipo

4.4. Ensayos y cálculos

El peso máximo que soporta el prototipo en estático con las medidas seleccionadas es de 34,7 kg, este valor se conoce calculando la fuerza de empuje que ejerce el agua sobre la tabla. En movimiento soportará un valor mayor ya que existe una fuerza de sustentación, siendo esta de un valor mínimo de 444N para que el usuario de 80kg pueda deslizarse por la pared de la ola.

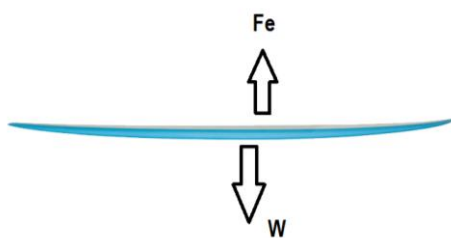
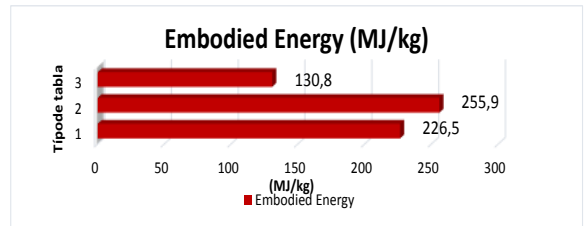


Fig. 7: Fuerzas que ejerce la tabla en reposo flotando en el agua

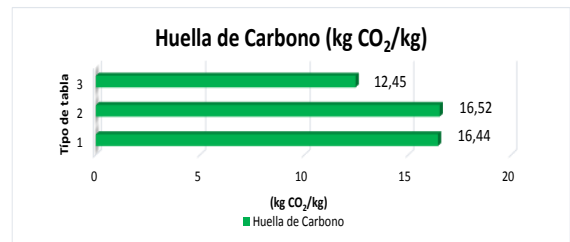
En el ámbito mediambiental, conociendo los materiales y la cantidad de cada uno (kg) se puede conocer la energía incorporada (MJ/kg) y a huella de carbono (kg CO₂/kg). Comparado con las tablas tradicionales, se conocerá si existe la reducción del impacto ambiental que se buscaba.

1. Núcleo de poliuretano, fibra de vidrio y resina poliéster. Peso total: 3,2 kg.
2. Núcleo de poliestireno, fibra de vidrio y resina epoxi. Peso total: 3,2 kg.

3. Núcleo cartón "nido de abeja", fibra de vidrio y resina poliéster. Peso total: 2,5 kg.



Gráfica 1: Energía incorporada por cada tipo de tabla



Gráfica 2: Huella de carbono por cada tipo de tabla

Existe una reducción de la huella de carbono y de la energía incorporada, reduciendo el impacto ambiental generado. La energía incorporada es reducida casi a la mitad mientras que la huella de carbono se ve reducida una cuarta parte. Esto se debe al cambio del material del núcleo, siendo este el elemento de mayor volumen [4].

Estos son los valores por tabla y durante su proceso y ciclo de vida teniendo un tiempo de vida útil similar; dato que no se puede conocer con antelación para el prototipo. Lo que si se conoce es que las tablas epoxi por lo general duran más que las de poliéster, viéndose así compensado el valor del impacto a lo largo de su vida útil.

5. Fabricación del prototipo

Para la fabricación del prototipo es necesario conocer la materia prima, herramientas, material de seguridad y el proceso de producción; con esto definido, se procede a su fabricación.

5.1. Materia prima, herramientas y material de seguridad.

La materia prima necesaria para la fabricación del prototipo es: plancha de cartón "nido de abeja"; resina de poliéster UV, estireno parafinado, láminas de cartón, fibra de vidrio tipo E de 4Oz, tapón para el invento y tapón para las quillas. Las principales herramientas necesarias en proceso de fabricación son: un squeege (espátula de plástico), papel de lija, lijadora rotativa, disco de lijar, disco de pulir, una broca con corona, una sierra de mano, brochas, una cinta métrica y un envase para la resina. Los tres elementos indispensables para garantizar la seguridad durante el proceso son: una mascarilla protectora, gafas protectoras y guantes de latex.

5.2. Proceso de fabricación

El proceso de fabricación consta de 4 fases diferenciadas: pre-shape, shapeado, laminado, glaseado y acabado final.

Preshape: Se realiza el corte del núcleo de forma manual con una sierra. Con ayuda de un plano 2D en tamaño real se marca con un cúter el outline en la plancha de cartón “nido de abeja” y con ayuda de la sierra se realiza el corte del núcleo. Una vez cortado es necesario quitar la capa superior e inferior de cartón que rodea la estructura del “nido de abeja” ya que se busca dar un toque innovador al diseño fabricando una tabla “transparente”. Se limpia el núcleo con ayuda de una lija y un cúter quedando de la siguiente forma (Figura 8).



Fig. 8: Núcleo del prototipo

Para proporcionar al núcleo la rigidez necesaria se introduce un alma en el medio (desde el nose hasta el tail), además de unas láminas de cartón en los cantos; posteriormente se endurece el cartón impregnando resina de poliéster sobre él. Con este proceso el núcleo adquiere la rigidez necesaria para pasar a la siguiente fase. Quedando el núcleo de la siguiente forma:



Fig. 9: Núcleo después del proceso de shapeado

Shapeado: Con una lijadora, un cúter, una sierra, una cinta métrica y un transportador de ángulos; se realiza el proceso de shapeado. Llegando al diseño deseado quitando material y puliendo las zonas necesarias para conseguir las formas previamente definidas en el diseño 3D.

Laminado: En este proceso se aplica la capa protectora que se encarga de dar dureza al núcleo. Es necesario la fibra de vidrio, resina de poliéster (UV en este caso), un squeegee, un envase para la resina y los elementos de seguridad previamente mencionados. En las zonas de los tapones de las quillas es necesario colocar dos capas de fibra para proporcionar una mayor resistencia. Previamente se lamina el bottom y una vez secado al sol se procede a laminar del deck (con dos capas de fibra).

Llegado a este punto, la tabla no adquiere la rigidez necesaria para asegurar un buen acabado y funcionamiento. Por lo que se detiene la fabricación en la búsqueda de posibles mejoras o cambios a realizar para conseguir la rigidez necesaria.

Una vez conseguida la rigidez que se busca en el núcleo el proceso de fabricación continuaría con el lijado final y el glaseado.

Glaseado y lijado final: Con ayuda de una broca con corona se realizan los agujeros para introducir el tapón de las quillas y del invento. Una vez que se realiza el agujero se introduce en su interior la mezcla (resina de poliéster y microesferas de vidrio) hasta llenar unas 3/4 partes. Luego se incrustan los tapones y se deja secar. Se lija y pule toda la tabla y por último se le da una última barrera de protección aplicando el gelcoat (resina de poliéster con estireno)

6. Análisis económico

Teniendo en cuenta los materiales necesarios para la fabricación del prototipo, las herramientas y todo el proceso de producción se procede a realizar el estudio económico. Este tiene en cuenta todo el proceso aunque debido al problema de la rigidez no se conoce con exactitud la cantidad de cada material.

| Producto | Dimensiones | Cantidad | Coste (€) |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------|
| Cartón nido de abeja | 600x2000x500mm | 1 | 16,60 |
| Plano A0 | 2000X841mm | 1 | 4 |
| Sierra | | 1 | 7,5 |
| Brocha | | 2 | 2 x 1,5 |
| Catalizador | | 1 | 2,2 |
| Lijas (120, 180, 240, 300, 500) | 1000 mm x 6 | 6 | 6 x 1 |
| Fibra de vidrio Aerialite E-Glass | 686x12000 mm | 6 | 27 |
| Resina poliéster H61-UV | 2,5 kg | 1 | 25,15 |
| Estireno parafinado | 125 mL | 1 | 2,8 |
| Tapón del invento | | 1 | 2 |
| Tapón quillas | | 2 | 2 x 4,5 |
| Microesferas de vidrio | 1 L | 1 | 8,1 |
| Total | | | 113,35 |

Tabla 1: Productos y costes

Sumando un total de 113,35€. Las horas invertidas en la fabricación del prototipo hasta el proceso de laminado suman un total de 120 horas, se estima un valor de 240 horas para finalizarlo por completo. Con un sistema optimizado, con las herramientas necesarias y con personal para la fabricación se estiman un total de entre 70 y 100 horas por prototipo.

Siendo la hora de trabajo de pagada a 10€, el valor del prototipo es de entre 820€ y 1120€. Esto se debe a que alguna fase ha sido más lenta y costosa de lo habitual. A medida que se gana experiencia y se obtiene una buena organización del lugar de trabajo este valor se reduciría de manera considerable.

Existen muchas horas de secado y de espera para poder avanzar en los procesos. En el mercado actual las tablas de surf estándar tiene un valor de entre 300€ y 600€ dependiendo del material, número de cajetines de quillas, tamaño, color, etc. Esto se debe a la fabricación en serie favoreciendo así que existan horas vacías y con

maquinaria que facilita todos los procesos de secado, corte, etc.

El principal inconveniente del prototipo respecto a los sistemas de fabricación actuales es el núcleo; requiere de una gran cantidad de horas de trabajo para obtener un buen acabado.

7. Conclusiones

El único material que se puede reemplazar respecto a la composición actual de las tablas de surf es el del núcleo, ya que no es fácil encontrar unos buenos sustitutos para el material compuesto (fibra de vidrio + resina de poliéster).

Al sustituir el material actual (poliuretano o poliestireno) por cartón “nido de abeja” los valores de kg de CO₂ y la energía incorporada (MJ/kg) se ven claramente reducidas.

En cambio, durante el proceso de fabricación aparecen algunos problemas y defectos que presenta el núcleo de este material. Es un material que aguanta una alta carga a compresión y al impacto, pero posee una flexibilidad en el eje longitudinal muy alta; con lo cual requiere de varios refuerzos para conseguir la rigidez que necesita el núcleo de una tabla de surf. Una vez introducida un alma longitudinalmente, cartón en los cantos de la tabla y con la resina de poliéster repartida de forma uniforme por toda la superficie del núcleo no se consigue una rigidez total; aunque si un gran avance, quedando el ángulo de flexión reducido al mínimo.

Una vez llegado a este punto y buscando información se cree en la posibilidad de que la capa de fibra de vidrio y resina de poliéster aporten la rigidez final necesaria para que la tabla quede totalmente rígida; sin embargo una vez laminada la parte inferior (bottom) de la tabla se comprueba que no es suficiente.

En esta parte del proceso se decide parar y buscar posibles soluciones para conseguir la rigidez que se busca. La fabricación del prototipo queda estancada en este punto por motivos de tiempo y la proximidad de la fecha de entrega del proyecto, buscando así posibles soluciones para proceder a su acabado y buen funcionamiento en un futuro próximo.

El problema lo presenta el cartón “nido de abeja”, la falta de rigidez del mismo y la dificultad para que la fibra quede totalmente impregnada en el núcleo dificultan seguir con el proceso.

Para solucionarlo se tiene en cuenta dos posibles vías futuras, siempre mantenido el material de partida.

Por una parte se piensa en utilizar la plancha de cartón como viene de fábrica, de esta manera se perderá la novedad de fabricar una tabla “transparente” pero dará solución a tres problemas:

El primero es la reducción del tiempo de pre-shape, ya que se evitaría todo el proceso de limpieza y eliminación de las capas de cartón; El segundo: La fibra quedaría pegada e impregnada con el catón en su totalidad ya que no existirían zonas vacías de material; Y la tercera: El núcleo quedaría totalmente rígido ya que las capas de cartón superior e inferior se encargarían de contrarrestar

las fuerzas longitudinales haciendo así que el núcleo no curve.

La segunda alternativa es la de seguir con el núcleo de estructura “nido de abeja” y añadir dos almas en sentido longitudinal; aplicándole el doble de capas de fibra de vidrio y resina. El alma nos daría la rigidez necesaria y la aplicación de otras capas de fibra favorecerían que la fibra quedase pegada en su totalidad. Es una segunda opción que se tiene en cuenta si se busca un diseño llamativo fabricando una tabla novedosa totalmente “transparente” pero es un proceso que requiere de más tiempo, más gasto de material y con lo cual mayor impacto ambiental; quedando casi descartada en su totalidad.

8. Agradecimientos

Quiero agradecer a mi tutor de proyecto Gerard Sanz Collado por toda la ayuda prestada. Gracias a su compromiso y conocimiento he aprendido y me ha ayudado a desarrollar un buen trabajo final de grado.

Agradecer a las diferentes personas amantes del surf las cuales me han ayudado y me han dirigido hacia una u otra opción cuando he tenido dudas.

Agradecer también a todos los profesores con los que he compartido clase por darme la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante estos 4 años en diferentes ámbitos de la Ingeniería.

Y por último agradecer a mi compañero Pedro Toro, su ayuda a lo largo de los diferentes procesos de fabricación; ha sido esencial.

Referencias

- [1] Porque tu próxima tabla de surf tiene que ser ecológica. *Surfnatur*. Noviembre de 2016. [Consulta: 15/06/2018]. Disponible en: <<http://www.surfnatur.com/blog/tabla-de-surf-ecologica/>>
- [2] Redacción todo surf, 2015. *Como fabricar una tabla de surf*. [Consulta: 25/05/2018]. Disponible en <<https://www.todosurf.com/magazine/surfologia/como-fabricar-una-tabla-de-surf-surf-2171.htm>>
- [3] Sebas, 2017. *Tabla de surf partida: por qué y donde ocurre*. Marzo de 2017. [Consulta: 25/05/2018]. Disponible en <<https://www.mundo-surf.com/blog/tabla-de-surf-partida-porque-y-donde-ocurre/>>
- [4] Datos de energía incorporada y huella de carbono. Material Intelligence. Ces EduPack 2016