

DISEÑO DE PRODUCTOS Y FABRICACIÓN DIGITAL. EL PROTOTIPO COMO HERRAMIENTA DE APROXIMACIÓN

JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

*Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior.
Universidad de Sevilla*

1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de prototipos se ha convertido en un paso clave dentro del proceso de diseño industrial de productos, ya que permite resolver problemas formales, geométricos, materiales o constructivos, aportando viabilidad a la posterior fase de producción de copias funcionales.

Si bien estos prototipos pueden elaborarse en fases finales del proceso de diseño, como mecanismo de comprobación y ajuste del producto diseñado, también podemos hablar de fabricación de prototipos rápidos, de exploración, que ya desde fases iniciales sirvan de apoyo al proceso creativo y de toma de decisión. El uso de técnicas de fabricación digital mediante impresión 3D, entre otras, facilita estos procesos, además de resultar una vía relativamente económica con la que ensayar soluciones de diseño sobre un objeto real

1.1. FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS EN EL DISEÑO INDUSTRIAL DE PRODUCTOS

El proceso de diseño industrial de productos se estructura en distintas fases entre las que se encuentra una primera etapa de exploración, en la que, mediante bocetos de aproximación, comienzan a analizarse distintas alternativas que permitan resolver los condicionantes impuestos al producto. Una vez realizado este primer acercamiento, el diseñador opta por las soluciones que mejor responden al producto objeto de estudio,

profundizando en su definición y diseño a nivel formal, geométrico e incluso constructivo.

De esta forma, el producto comienza a adquirir un mayor grado de definición a nivel gráfico, para lo que pueden utilizarse bocetos explicativos y de presentación del mismo, junto con planos técnicos que aportan una mayor concreción de cara a su materialización.

Es en ese momento cuando, en la mayor parte de los casos, se comienzan a elaborar prototipos que, en base a esos planos técnicos, den forma física al producto y permitan realizar un trabajo de comprobación de los sistemas constructivos planteados o del uso de materiales, entre otros. A su vez, se realizarán los ajustes necesarios en el diseño para garantizar la viabilidad del producto, no sólo técnica, sino formal, geométrica, estética o de uso, de forma que la solución propuesta pueda darse por cerrada y pasar a fase de producción.

1.2. PROTOTIPOS DE COMPROBACIÓN VS PROTOTIPOS DE EXPLORACIÓN

Como hemos señalado previamente, el prototipado de productos suele introducirse en el proceso de diseño una vez alcanzada una solución definitiva de entre las distintas variantes posibles exploradas, de forma que se convierte en un modelo de comprobación para el ajuste final del producto previo a la fase de producción.

Sin embargo, podemos pensar en el prototipo como un instrumento mucho más potente dentro del proceso de diseño, de forma que además de servir como elemento de comprobación final pueda utilizarse como herramienta ligada a la toma de decisión en el proceso creativo. Para ello, sería necesario enfocar el prototipado como una estrategia a introducir en fases previas del proceso de diseño, de forma que puedan realizarse prototipos de exploración, o de trabajo, que a modo de bocetos tridimensionales sirvan al diseñador como elemento de experimentación para la toma de decisión, ayudando a integrar en esta fase soluciones de fabricación, además de componentes funcionales o estéticas.

De esa forma, estos aspectos estéticos, formales o funcionales sin duda se verían afectados por condicionantes de carácter técnico, pero al mismo tiempo se facilitará que el diseño finalmente alcanzado no

requeriría de una fase final de ajuste, o que al menos los cambios introducidos en esta etapa sean mínimos, garantizando así la viabilidad del producto ante un proceso de producción y fabricación en masa del mismo.

Es importante puntualizar a qué nos referimos cuando hablamos de prototipo y qué características han de tener estos con respecto a otros modelos físicos que puedan elaborarse como herramienta de trabajo dentro de un proceso de diseño de producto. En general, un modelo físico asociado al diseño de producto buscará facilitar la visualización del objeto diseñado, como premisa fundamental. Además, y en función de la fase del proceso de diseño en la que nos encontremos, un modelo físico servirá al diseñador como vía para explorar sus ideas y poder experimentarlas, al tiempo que ayudará a presentar el producto a otros agentes, clientes en la mayor parte de los casos.

Estos modelos podrán ser de ampliación o de reducción, en función del tamaño real del objeto con el que estemos trabajando y el nivel de detalle que queramos aportar al modelo para facilitar su visualización. Partiendo de estas premisas generales, existen distintos tipos de modelos físicos que presentarán características concretas (Lugo, J.J, Prototipos, maquetas y modelos para desarrollar productos de diseño):

- Maquetas: Se trata de modelos que, como se ha señalado, representan un producto a una escala determinada con el fin de facilitar su visualización para probar ideas y permitir que los usuarios puedan entenderlo y realizar comentarios respecto al mismo, en fase de diseño.

Cuando hablemos de maquetas entenderemos, por lo general, que se trata de modelos físicos que no realizan ninguna función concreta y que tendrán como misión presentar la apariencia del objeto a desarrollar a nivel de forma, color o textura. Se utilizan habitualmente para realizar pruebas ergonómicas, y evaluar el objeto a nivel visual, ya que en ese aspecto suelen tener un gran parecido con el producto final a fabricar.

- Prototipos: Se trata de modelos físicos cuya finalidad es la de probar un proceso asociado al objeto diseñado. A diferencia de las maquetas, los prototipos suelen tener funcionalidad, la del objeto diseñado, ayudando por ello al diseñador a detectar problemas relacionados con la fabricación final del producto. Al mismo tiempo, el prototipo final servirá como objeto a replicar en fases de producción.

Los prototipos se desarrollan según una gama de fidelidad, o grado de aproximación al objeto real diseñado, pudiendo distinguirse entre:

- a. Prototipos de baja fidelidad: Este tipo de prototipos no se parecen, por lo general, al producto final diseñado ya que, entre otras cuestiones, utilizan materiales distintos a los finales para que el prototipo resulte más económico, sencillo y fácil de producir. Son prototipos muy útiles en las fases iniciales del diseño, las más creativas o conceptuales y será el tipo de prototipo al que haremos mención cuando hablemos de prototipos de trabajo o de exploración.
- b. Prototipo de alta fidelidad: Son prototipos muy parecidos al producto final a desarrollar, entre otras cosas porque utilizan los mismos materiales con los que se prevé fabricar el objeto. A su vez, y precisamente por ese grado de similitud con el producto final, suelen ser prototipos más costosos y que requiere mayor tiempo de elaboración. A diferencia de los anteriores, suelen utilizarse en fases finales de diseño, para terminar de pulir detalles del diseño antes de iniciar el proceso de producción. Se trata de lo que denominaremos prototipos finales o de comprobación.

1.3. FABRICACIÓN DIGITAL DE PROTOTIPOS E IMPRESIÓN 3D

Para poder introducir la fabricación de prototipos en fases iniciales del proceso de diseño como instrumento de trabajo, con un carácter intuitivo y exploratorio, es necesario recurrir a herramientas que faciliten la fabricación de modelos físicos de forma rápida, sencilla y económica. Al

mismo tiempo, será necesario optar por una herramienta flexible que permita el ensayo de diferentes soluciones de diseño, en la línea de lo expresado previamente.

Un instrumento que responde a estos requisitos, y que cada vez está más extendida en el mundo del diseño, es la fabricación digital, que con un consumo limitado de material y energía permite fabricar prototipos a partir de la definición geométrica de sus partes y hacerlo con un nivel de acabado adecuado para que el prototipo aporte claves en el proceso de toma de decisión.

Un aspecto importante, dado el enfoque docente de esta comunicación, es que la mayor parte de escuelas de diseño de nuestro país ya cuentan con talleres de fabricación digital de prototipos bajo el uso de maquinaria e impresoras 3D aditivas o de corte laser, lo que facilita la puesta en práctica de experiencias de fabricación de prototipos en fases iniciales de diseño a nivel académico.

Cuando hablamos de fabricación digital nos referimos a procesos de trabajo en los que emplearemos un sistema asistido por ordenador que nos permitirá definir un producto e iniciar un proceso de fabricación de manera simultánea. Así, los datos digitales generados en el proceso de diseño, normalmente mediante herramientas CAD (diseño asistido por ordenador) permitirán a los equipos de fabricación digital (software CAM) crear las geometrías de las distintas piezas que componen el producto. Estos equipos de fabricación podrán ser de distinto tipo, como indicaremos a continuación (fundamentalmente de adición de material o sustracción del mismo), siendo importante elegir el más adecuado en función del material a emplear y las características de prototipo a realizar.

Para entender mejor como se realiza un proceso de fabricación digital asociado al diseño de producto, haremos mención, de forma somera, a las distintas fases que lo componen.

1.3.1. Diseño inicial del producto:

Como ya se ha señalado, el proceso comienza con la elaboración de bocetos de trabajo que inicien el proceso creativo y de diseño para dar paso a la digitalización inicial de esos bocetos en modelos 3D mediante

herramientas CAD. El grado de definición y profundización que se alcance con estos diseños iniciales hará que el prototipo de exploración a realizar tenga un carácter más finalista o más orientado al apoyo del proceso de diseño y toma de decisión, como ya se ha señalado.

1.3.2. Preparación de la información a aportar al equipo de fabricación digital:

A nivel técnico, trasladaremos los datos del modelo 3D diseñado a la herramienta de fabricación digital exportándolos en forma de malla triangulada, de forma que a través de puntos, vértices y caras se defina la geometría del objeto a fabricar. Así, obtendremos patrones asociados a las distintas piezas del objeto que servirán para llevar a cabo la impresión.

Una manera de crear estas mallas es a través del modelado sólido de objetos y geometrías, para lo que pueden emplearse softwares como Autocad 3D, Solidworks, Catia o Rhinoceros, entre otros. Además, podemos recurrir al escaneado 3D como vía para obtener un modelo imprimible, aunque por lo general requieren de un trabajo posterior de edición de mallas, dado que habrá que garantizar que estas siempre estén compuestas por triángulos cerrados y conectados, evitando la superposición o colisión entre superficies.

En los casos en los que la herramienta de fabricación digital sea de sustracción o corte, podremos emplear patrones bidimensionales planos.

A partir de los patrones elaborados, ya sea en forma de malla o bidimensionales, introduciremos los parámetros de fabricación que darán lugar a las instrucciones específicas que aportaremos desde el archivo CAM a la impresora, normalmente asociando órdenes la visualización por capas y colores de las distintas geometrías que componen el patrón.

1.3.3. Fabricación con herramientas digitales:

Una vez elaborado el archivo CAM entraremos en fase de fabricación, transmitiendo a los equipos e impresoras los patrones e instrucciones definidas para obtener el prototipo diseñado. Para ello es importante tener claro qué tipo de máquina se va a utilizar, lo que a su vez afectará a

la anterior fase preparatoria de información y la forma en la que esta se elabora y presenta al equipo (archivo CAM).

De esta forma, y como ya hemos comentado, haremos mención a dos tipos de equipos asociados a la forma en la que estos trabajarán con el material durante el proceso de fabricación, ya sea por adición o sustracción del mismo (Formlabs, Introducción a la fabricación digital):

– Impresoras 3D:

Cuando hablamos de impresoras 3D nos referimos, fundamentalmente, a proceso de fabricación aditiva de material, es decir, en los que la fabricación tridimensional del objeto se obtiene por suma de distintas capas de material. Existen distintos modelos de impresoras en el mercado que utilizan distintas técnicas para alcanzar este objetivo. De entre estas, señalaremos:

1. Impresoras 3D de modelado por deposición fundida (FDM). En este tipo de impresoras la fabricación se lleva a cabo al derretirse y extruirse un filamento termoplástico que deposita capa a capa el material en el área de impresión. Se trata de la tecnología de impresión 3D más rentable, aunque la que tiene una precisión más baja. Por ello, podemos pensar en este tipo de herramientas para prototipos compuestos por piezas sencillas en los que se busque la elaboración rápida, de forma que sirvan como modelo de trabajo con un carácter explorativo asociado a fases iniciales de toma de decisión.
2. Estereolitografía (SLA). Esta tecnología emplea un láser para convertir resina líquida en plástico endurecido, lo que se conoce como fotopolimerización. Las piezas fabricadas bajo este proceso serán mucho más precisas que las anteriores y con mejor nivel de acabado. Por ello, utilizaremos este tipo de equipos para fabricar prototipos finalistas, más próximos a fases de producción para definir los ajustes finales del producto.
3. Impresoras 3D de sinterizado selectivo por láser (SLS). Esta herramienta utiliza como recurso un láser de alta potencia que funde pequeñas partículas de polvo de polímero, lo que

permite fabricar prototipos con muy buena resistencia y características mecánicas.

– Herramientas CNC:

Cuando hablamos de herramientas de control numérico computacional (CNC) nos estamos refiriéndonos a equipos basados en la sustracción de material mediante el corte, la perforación o el amolado. De esta forma, encontraremos herramientas de fresado de torneado con las que podremos emplear distintos tipos de materiales (metales, plástico, madera).

4. Cortadora láser. Este tipo de equipos utilizan un láser para cortar o grabar con bastante precisión. Suelen ser fáciles de utilizar, rápidas y económicas, por lo que vuelve a ser una herramienta adecuada para la fabricación de prototipos explorativos o de trabajo.
5. Cortadora por chorro de agua. En este caso, el corte del material se realizará a través de un chorro de agua mezclada con medios abrasivos a presión alta. Pueden cortar láminas de mayor espesor que la cortadora laser, así como materiales de mayor dureza.

1.4. DISEÑO DE PRODUCTOS EN ÁMBITO ACADÉMICO

Una vez analizado el proceso de diseño de productos a nivel general, nos centraremos en el diseño de producto a nivel académico. En este caso las asignaturas que se centran en esta cuestión suelen tener un tiempo limitado de desarrollo, lo que hace que, salvo en el caso de trabajos fin de estudios, las fases iniciales de diseño sean las que más se desarrollan, no llegando a ponerse en marcha fases de ajuste final, sobre todo porque tampoco van a estar asociadas a un proceso de producción posterior.

De igual forma, la viabilidad de fabricación del producto, en muchos casos, pasa a un segundo plano ya que no suele ser objetivo de los programas docentes de la asignatura. Así, el proceso creativo de diseño suele ser el elemento central sobre el que suele girar el trabajo del estudiantado, dándole menos importancia a la viabilidad constructiva, lo que

hace que al finalizar sus estudios el alumnado encuentre dificultad para afrontar esa fase del proceso en su vida profesional, al menos en un primer momento.

Por ello, y atendiendo fundamentalmente a la limitación temporal de la mayor parte de trabajos académicos a desarrollar por el alumnado, debemos reflexionar acerca de la necesidad de asociar al proceso creativo y de diseño inicial variables propias de la fabricación que ayuden al estudiantado a aproximarse a estos condicionantes.

2. OBJETIVOS

Una vez expuesto en contexto en el que se enmarca la presente comunicación, pasaremos a señalar el objetivo general y específicos en los que se centrará el estudio:

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de la presente comunicación es el de analizar, en ámbito docente, como se puede abordar el diseño de productos desde la fabricación digital de prototipos como recurso de apoyo al proceso creativo.

Hay que señalar, como ya se ha apuntado previamente, que la construcción de este tipo de modelos implicará la introducción de variables de fabricación en fases iniciales de ideación de producto, que en muchas ocasiones no son tenidas en cuenta en trabajos académico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Definido el objetivo general de la investigación, señalaremos algunos de los objetivos específicos a los que trata de atender la comunicación, y que apuntaremos como interrogantes del estudio a realizar:

- ¿Cómo afecta al proceso creativo la introducción de variables propias de la fabricación / producción en fases iniciales del diseño?

- ¿Cómo abordar un proceso de diseño en contexto académico que tenga en cuenta la materialización / fabricación del producto proyectado?

Ya hemos señalado que adelantar el desarrollo de prototipos a fases iniciales del proceso de diseño implicará considerar variables que superan cuestiones formales, estéticas o funcionales. De esta forma, será necesario que el alumnado comience a trabajar en torno a los materiales a utilizar desde el inicio del proceso creativo, pensar en los sistemas de ensamblaje y unión de las piezas, en el tipo de maquinarias necesarias para su producción etc. En definitiva, cómo dar viabilidad económica y técnica el producto diseñado desde fases tempranas del proceso creativo.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio propuesto partiremos del análisis de experiencias previas en materia de fabricación de prototipos a nivel general y en ámbito docente, para pasar después a diseñar una propuesta de trabajo en el aula de la que podamos extraer claves que nos permitan concluir en qué medida la incorporación de técnicas de fabricación digital de prototipos en ámbito docente contribuirá a alcanzar una mayor concreción en la definición del objeto diseñado en fases iniciales del proceso.

3.1. ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS PREVIAS

Como punto de partida para desarrollar este estudio se seleccionan una serie de experiencias previas vinculadas al mundo de la fabricación digital, en ámbito profesional y docente, de forma que sirvan como referente para el estudiantado de cara a afrontar la práctica que va a proponerse. Se enumeran a continuación los más representativos:

FIGURA 1. BICHO3. Experiencia en fabricación digital de estudiantes de primer curso de Monterrey para desarrollar un pabellón expositivo.



Fuente: Plataforma de Arquitectura. <https://bit.ly/3cfBpGA>

FIGURA 2. Premio Nacional de arquitectura efimera Emporia de Plata por la exposición *Blur*, como parte de los actos de investidura de Kazuyo Sejima como doctora Honoris Causa de la Universidad de Málaga.



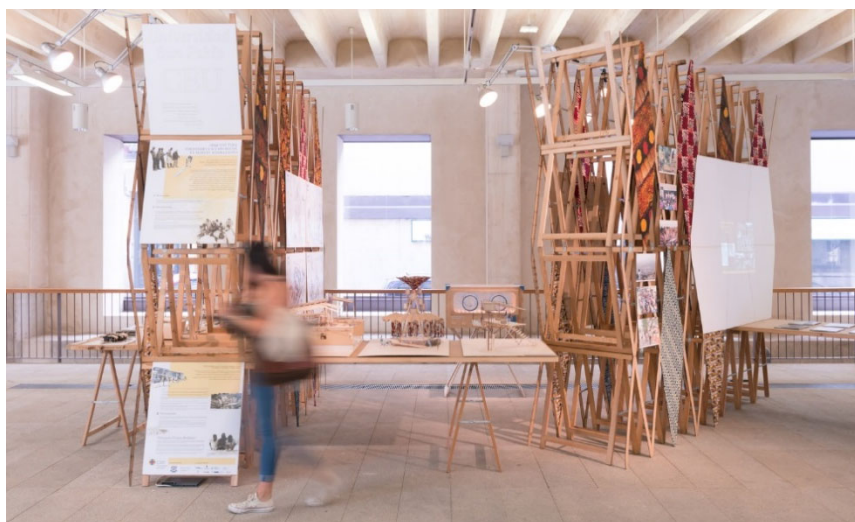
Fuente: Veredictas.com. <https://bit.ly/3AGsVSm>

FIGURA 3. *Pabellón de cartón en base a diseño paramétrico desarrollado por estudiantes de País Vasco.*



Fuente: Plataforma de Arquitectura. <https://bit.ly/3pECJWC>

FIGURA 4. *Exposición en el colegio oficial de arquitectos de Madrid*



Fuente: Fab lab Madrid. <https://bit.ly/3PGPFGd>

FIGURA 5. *Arquitectura efímera en México para construcción de pabellones expositivos con materiales reciclados*



Fuente: Plataforma de Arquitectura. <https://bit.ly/3Co4gmS>

FIGURA 6. *Pabellón Archimediám, diseñado y elaborado en el Fab Lab de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla*



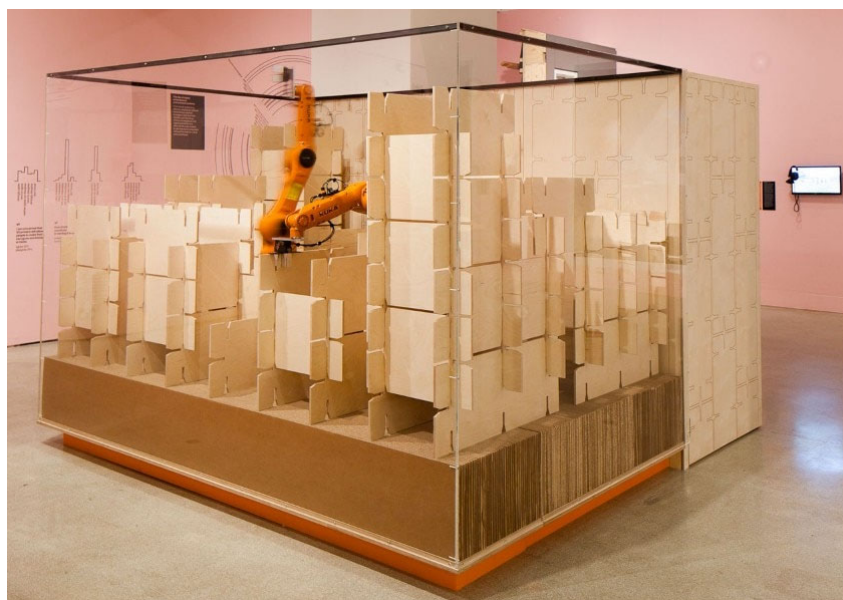
Fuente: Fab Lab. ETS Arquitectura de Sevilla. <https://bit.ly/3qpt0Ed>

FIGURA 7. *Bathtopia*, diseñado y elaborado en el Fab Lab de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla



Fuente: Fab Lab. ETS Arquitectura de Sevilla. <https://bit.ly/3QkIp4k>

FIGURA 8. *The future is here*. Exposición en el museo de diseño de Londres.



Fuente: Domus for Design. <https://bit.ly/3QLHW11>

3.2. PROPUESTA DE TRABAJO EN EL AULA

A partir de la selección de experiencias de referencia expuesta, que se presentó al estudiantado al inicio de la práctica, se propone para desarrollar el trabajo en el aula la siguiente hoja de ruta:

- Diseño de una práctica propuesta en clase
- Diseño de condiciones de contexto/limitaciones de fabricación del producto a diseñar
- Seguimiento del trabajo/evolución durante el curso

En este caso, la experiencia en la que se centra esta comunicación se ha llevado a cabo durante el curso académico 2021-2022 en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, en la asignatura Expresión Artística II del grado en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

El curso se estructura en torno al desarrollo de tres trabajos prácticos: uno ligado al diseño gráfico de carteles; el segundo destinado al diseño de un producto o familia de productos; el tercero, dirigido al diseño de la identidad corporativa de una empresa o entidad.

Centrándonos en la segunda práctica del curso, se pide al alumnado que desarrolle un trabajo de diseño de expositores destinados a albergar una selección de productos diseñados por otros estudiantes de la escuela. Para ello, se establecen como condicionantes:

- Que los expositores permitan alojar un panel A1 explicativo del producto expuesto, y un prototipo de este.
- Que los expositores se diseñen como elementos flexibles, de forma que puedan adaptarse a distintos tipos de prototipos, al no saber de antemano qué tipos de productos tendrán que exponer y por tanto qué tamaño tendrán.
- Que el expositor sea de fácil montaje y desmontaje, así como que busque reducir al máximo el espacio de almacenamiento.
- Que para el diseño de los expositores se tenga en cuenta que tendrán que fabricarse digitalmente en el taller de prototipado

de la escuela, lo que supone que sólo podrán utilizarse los materiales disponibles en el taller y los tamaños permitidos por las máquinas de fabricación con que cuenta el mismo, que serán tableros de DM de dimensiones:

- DM 310x200mm e=30mm (corte en fresadora)
- DM 310x200mm e=19mm (corte en fresadora)
- DM 600x400 e=10mm (corte láser)
- DM 600x400 e=5mm (corte láser)
- DM 600x400 e=3mm (corte láser)

Partiendo de este contexto, y tras la presentación al alumnado de los proyectos de referencia antes mencionados, se inicia el trabajo dentro del calendario de seis semanas previsto para el desarrollo de la práctica, que incluye una pre-entrega intermedia y sesiones críticas de presentación a los compañeros. Los trabajos, a su vez, se realizarán en parejas, dejando a elección del estudiantado la conformación de los grupos.

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL TRABAJO DESARROLLADO

A partir del planteamiento de la práctica, el estudiantado comienza a trabajar semanalmente en el desarrollo de sus diseños, presentando el trabajo avanzado en clase y planteando las dudas surgidas al profesor.

Antes del inicio del trabajo se realiza una visita del grupo al taller de prototipos para presentar las máquinas y material disponible y que el personal responsable del taller pudiera dar a conocer al estudiantado las normas de funcionamiento del mismo. El objetivo era que el alumnado tuviera claras las condiciones de contexto, viendo físicamente el funcionamiento de las máquinas, y que comenzaran a utilizar el taller como recurso para ensayar sus prototipos en paralelo a que desarrollaban sus diseños.

Hemos de señalar que, atendiendo a la normativa del taller, el alumnado no podrá utilizar las máquinas de manera directa, sino que lo hará el personal autorizado del mismo. No obstante, se anima al estudiantado a que consulten con ellos las posibilidades de fabricación, dimensión de los materiales disponibles, medios de unión entre piezas etc. de forma que tengan un mayor grado de conocimiento de cómo terminará materializándose el prototipo y eso incida en el diseño.

A partir del trabajo desarrollado, cada pareja de estudiantes presenta finalmente un diseño de expositor o familia de expositores, un prototipo del mismo, y un panel resumen explicativo.

4. RESULTADOS

Al finalizar la práctica, el estudiantado presenta seis diseños de expositores. Aunque todos ellos tuvieron en cuenta las premisas dadas en cuanto al uso de materiales y dimensiones adaptadas a las condiciones del taller, hubo cuatro en los que la influencia del desarrollo de prototipos fue más importante.

A su vez, de estos cuatro trabajos, hubo dos en los que el prototipado se llevó a cabo con un carácter más finalista, siendo un único grupo el que integró el trabajo de prototipado desde el inicio del proceso de diseño, y utilizó el prototipo como elemento de toma de decisión, rediseño y ajuste.

TABLA 1. Resumen de trabajos presentados y principales aspectos observados en cada uno de ellos

Lema del trabajo	Uso de materiales / dimensiones	Solución de uniones	Definición constructiva y de fabricación	Desarrollo de prototipo de trabajo	Incidencia del prototipo en el proceso de diseño
Grupo 1					
Grupo 2					
Grupo 3					
Grupo 4					
Grupo 5					
Grupo 6					

Fuente: Elaboración propia

En cualquiera caso, como ya se ha señalado, todos los grupos de estudiantes tuvieron en cuenta la materialización, fabricación y ensamblaje de sus expositores, lo que a su vez tuvo una incidencia en el producto resultante, a nivel estético o funcional entre otros, dado que esas variables de fabricación introducen limitaciones al proceso creativo.

5. DISCUSIÓN

Visto el resultado alcanzado por el estudiantado en el desarrollo de la práctica, pasaremos a analizarlos, indicando cuáles han sido los aspectos positivos y negativos observados en el proceso:

5.1. ASPECTOS POSITIVOS

- Mayor concreción en la definición del objetivo diseñado. No cabe duda de que partir de condicionantes propios de la fabricación contribuye a que el resultado presente un diseño más preciso, siempre que el estudiantado tome en consideración estas premisas.
- No necesita reajustes importantes de diseño en fases finales del proceso. Si bien es cierto que sobre los expositores no se va a llevar a cabo un proceso de fabricación real, no cabe duda de que los que mejor han integrado el trabajo de fabricación digital de prototipos no presentarán problemas para ser producidos a escala natural.
- Introduce variables de fabricación / materialización / producción en un trabajo académico. A su vez, esta experiencia ha permitido que estudiantes que desarrollan un trabajo de diseño con un plazo reducido tengan en cuenta conceptos de fabricación que en otro caso no habían considerado como prioritarios, dado el tiempo de duración de la práctica.

5.2. ASPECTOS NEGATIVOS

- Limitación al proceso creativo con incidencia en la definición estética y formal del producto. Si bien la consideración de condicionantes de fabricación en el proceso de diseño aporta viabilidad al producto diseñado, no cabe duda de que supone una dificultad añadida para estudiantes que tienen que enfrentarse al desarrollo de un diseño rápido. Eso, unido a la falta de experiencia en este tipo de trabajos, por desarrollarse la experiencia en un curso inicial del grado, hace que de entrada el proceso

creativo se vea resentido y resulte más complicado explorar soluciones más flexibles.

- Mayor dificultad el estudiantado a la hora de afrontar el trabajo a realizar. Del mismo modo, esa limitación al proceso creativo se convierte en un hándicap para el alumnado, lo que hace que no en todos los casos el trabajo de fabricación digital de prototipos se haya integrado de la misma forma ni se le haya dado la misma prioridad. Así, en muchos casos se busca alcanzar un diseño que responda a todos los condicionantes planteados pero minimizando la presencia de los más complejos, precisamente los asociados a la fabricación real del producto.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados alcanzados por esta experiencia consideramos que el uso de metodologías de fabricación digital de prototipos en fases iniciales del diseño de productos, en contexto académico, si bien puede coartar inicialmente el proceso creativo, contribuirá a que el resultado alcanzado tenga en cuenta variables que posibiliten su viabilidad técnica, constructiva y económica, y ayudará al estudiantado a trabajar desde fases iniciales de diseño bajo parámetros que eviten que las ideas iniciales propuestas se alejen de un resultado final factible.

No obstante, en cualquier proceso de diseño industrial de producto (no solo bajo el contexto de un trabajo académico) esas variables de fabricación aparecerán necesariamente antes de la fase de producción, lo que implicará la necesidad de elaborar un rediseño del producto para tenerlas en cuenta.

Como líneas de trabajo a llevar a cabo, o sobre las que profundizar en futuras experiencias de este tipo, podemos señalar:

- Sería interesante dar más peso aún a la fabricación digital de prototipos. Así, además de la toma en consideración de las variables establecidas, sería adecuado que el estudiantado interviniera de manera más directa en el proceso de fabricación, ya que tal y como se plantea la práctica, hay estudiantes que se implican más en el trabajo en taller, mientras que otros delegan

esa labor al personal autorizado, que en cualquier caso deberán actuar como supervisores del trabajo del alumnado para garantizar que se cumplen las normas de seguridad y que no se desperdicia material.

- Podría establecerse un protocolo que permita ensayar los prototipos diseñados, de forma que se pueda realizar análisis de sus características en cuanto a estabilidad, resistencia etc.

7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo llevado a cabo ha podido realizarse gracias al soporte que supone la asignatura Expresión Artística II del grado en Ingeniería del Diseño Industrial y Desarrollo del Producto y su coordinadora, así como al alumnado del grupo 1 de la misma que lo ha cursado en el año académico 2021-2022.

8. REFERENCIAS

- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). La impresión 3D. Editorial Gustavo Gili.
- Eissen, K., Steur, R. & Noriega, J. (2013). Bocetaje: las bases. Editorial Gustavo Gili
- Formlabs. Introducción a la fabricación digital. Blog fundamentos de fabricación digital. <https://bit.ly/3cL7zu0>
- Hallgrímsson, B. (2013). Diseño de producto: maquetas y prototipos. Editorial Promopress.
- Lugo, J.J. Prototipos, maquetas y modelos para desarrollar productos de diseño. <https://bit.ly/3Q5qBsA>
- Munari, B. (2016). ¿Cómo nacen los objetos?: apuntes para una metodología proyectual. Editorial Gustavo Gili. 2ª Edición
- Pérez de Lama, J., Vázquez, E., & Vázquez, N.J. (2017). Machines of loving grace. Fabricación digital, arquitectura y buen vivir. Editorial Universidad de Sevilla.
- Pérez de Lama, J., Lara Bocanegra, A.J., & Vázquez, N.J. (Eds.). (2014). Yes we are open. Fabricación digital, arquitectura, cultura y tecnologías libres. Editorial Universidad de Sevilla.
- Rodgers, P., & Milton, A. (2011). Diseño de producto. Editorial Promopress.
- Terstiege, G. (Ed.). (2009). The making of design: From the first model to the final product. Birkhäuser.