

# El proceso de diseño apoyado con estrategias para selección de materiales y procesos

Design process supported with strategies for selecting materials and processes



# El proceso de diseño apoyado con estrategias para selección de materiales y procesos<sup>1</sup>

## Design process supported with strategies for selecting materials and processes

**Luis Alberto Laguado Villamizar<sup>2</sup>**

Artículo recibido en junio de 2017; artículo aceptado en septiembre de 2017.

Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 2.0 Genérica y se referencia usando el siguiente formato: Laguado, L. (2018). El proceso de diseño apoyado con estrategias para selección de materiales y procesos. *I+D Revista de Investigaciones*, 11(1), 27-37. DOI: <https://doi.org/10.33304/revinv.v11n1-2018003>

### Resumen

La creación y el desarrollo de productos a través de la disciplina del Diseño Industrial requiere la aplicación de una metodología proyectual de diseño por medio de la cual se cumplen las etapas necesarias para configurar un nuevo producto. Las metodologías tradicionales del diseño ofrecen una serie de herramientas que permiten experimentar diferentes alternativas formales y funcionales a través de la expresión conceptual y gráfica. A través de estas herramientas es posible lograr propuestas de diseño formalmente innovadoras con el fin de resolver el problema planteado al inicio del proyecto. Estas metodologías también brindan herramientas para la comprobación ergonómica y funcional de los productos diseñados, evaluando el comportamiento de los potenciales usuarios a través de pruebas de usabilidad con modelos funcionales. Sin embargo, teniendo en cuenta los cronogramas y los presupuestos de los proyectos, estos modelos funcionales no siempre se elaboran en los materiales proyectados para el producto final, lo cual puede presentar limitaciones para los resultados de las comprobaciones ergonómicas y la apreciación real del producto por parte de los usuarios. Una alternativa para utilizar los materiales más adecuados en todas las etapas de un proyecto de diseño es utilizar una metodología para la selección de materiales y procesos que fue desarrollada por el Dr. Mike Ashby en Cambridge University. Esta metodología permite visualizar y planear los materiales más adecuados para elaborar el producto, así como los procesos de elaboración desde el inicio mismo del proyecto y a través de todas sus etapas. Esta metodología ofrece una taxonomía de clasificación de materiales y procesos con el fin de conocer todas las familias y clases de materiales y de procesos. Para apoyar este conocimiento se utilizan cartas de propiedades de materiales, las cuales permiten seleccionar gráficamente los materiales más adecuados para elaborar el producto de acuerdo con sus propiedades. Esta metodología ofrece un proceso de diseño que se puede acoplar a las metodologías tradicionales, realizando un análisis de materiales y procesos en cada una de las etapas del proyecto. Finalmente, se ofrece una estrategia para la selección de los materiales y una estrategia para la selección de los procesos. De esta manera, al final del proyecto de diseño se cuenta con un nuevo producto, en el cual se pueden justificar la selección de sus materiales y los procesos de elaboración según el estudio realizado a las propiedades del producto.

*Palabras clave:* material, metodología, proceso de fabricación, producto industrial, propiedad física.

1. Estudio metodológico, enfoque cualitativo, perteneciente al área de Materiales estructurales, se encuentra en curso y es desarrollado en el grupo de investigación en Diseño y Materiales Dimat, Unidades Tecnológicas de Santander UTS, Dirección Av. Los Estudiantes 9-82 Plaza Mayor, Bucaramanga, Santander, PBX (7) 6917700.

2. Diseñador Industrial, UIS. Magister en Ingeniería de Materiales, UIS. Docente - investigador del grupo: Dimat, Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga (Colombia): Calle de los estudiantes n.º 9-82 Ciudadela Real de Minas PBX: (+57) 7 6917700. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1558-3926>. Correo electrónico institucional: [llaguado@correo.uts.edu.co](mailto:llaguado@correo.uts.edu.co)

## Abstract

The creation and development of products through the discipline of Industrial Design, requires the application of a Design Project Methodology, by means of which all the necessary steps are carried out to configure a new product. Traditional methodologies of design offer a series of tools that allow to experiment different formal and functional alternatives through the conceptual and graphic expression. Through these tools it is possible to achieve formally innovative design proposals in order to solve the problem raised at the beginning of the project. These methodologies also offer tools for the ergonomic and functional verification of the designed products, evaluating the behavior of potential users through usability tests with functional models. However, taking into account project schedules and budgets, these functional models are not always elaborated in the materials projected for the final product, which may present limitations for the results of the ergonomic checks, and the real appreciation of the product by users. An alternative to use the most appropriate materials in all stages of a design project is to use a methodology for the selection of materials and processes, which was developed by Dr. Mike Ashby at Cambridge University. This methodology allows to visualize, and plan the most suitable materials to make the product, and the elaboration processes, from the very beginning of the project and through all its stages. This methodology offers a classification taxonomy of materials and processes, in order to know all the families and classes of materials and processes. To support this knowledge, material property letters are used, which allow to select graphically the most suitable materials to elaborate the product according to their properties. This methodology offers a Design process, which can be coupled with traditional methodologies, performing an analysis of materials and processes in each of the stages of the project. Finally, a strategy for the selection of the materials and a strategy for the selection of the processes is offered. This way, at the end of the design project, a new product is available, in which the selection of its materials and production processes can be justified, according to the study carried out on the properties of the product.

*Keywords:* material, methodology, fabrication process, industrial product, physical property.

---

## Introducción

La Ciencia e Ingeniería de los Materiales es una ciencia aplicada que estudia las estructuras, las propiedades y las aplicaciones de los materiales utilizados en la fabricación de productos de consumo masivo. Teniendo en cuenta las aplicaciones y la fabricación, la Ciencia de los Materiales también interviene en el estudio de los procesos de diseño y elaboración de productos. En este sentido, existe un punto en común de conocimiento entre el Diseño Industrial y la Ciencia de los Materiales. Uno de los objetivos del trabajo del diseñador es lograr la satisfacción del usuario, por lo tanto, en el proceso de diseño es necesario analizar las propiedades físicas de los materiales a utilizar con el fin de seleccionar aquellos que permitan establecer relaciones de aceptación, confort y calidad con el usuario. En la metodología de diseño tradicional se establecen las etapas del proyecto, entre las que se incluye un análisis de alternativas, el cual se realiza a través de encuestas con los potenciales usuarios, teniendo en cuenta las percepciones del producto sin profundizar en el comportamiento del material a utilizar. La selección de los materiales suele realizarse en una etapa de evaluaciones técnicas, al final del proyecto; de esta manera, la selección de los materiales no interviene en el proceso de diseño del producto. Incluso, en la mayoría de los casos, el diseñador no interviene en la selección de los materiales y los procesos, lo que conlleva que en la etapa de fabricación el producto pierda algunas de las características que fueron pensadas para la satisfacción del usuario.

En el método de diseño apoyado con estrategias para selección de materiales, propuesto por el Dr. Mike Ashby como: *"Strategic thinking: matching material to design"* (Ashby, Shercliff & Cebon, 2014) se presenta una taxonomía de clasificación de materiales que ofrece la posibilidad de seleccionar entre un universo de materiales los más adecuados de acuerdo a las propiedades que requiere el producto. De igual manera, la taxonomía de clasificación de procesos hace posible seleccionar los procesos que permiten elaborar el producto según el diseño planteado. Las estrategias de selección de materiales y de procesos se involucran con la metodología de diseño tradicional, lo cual permite incluir estas estrategias en todas las etapas del proceso de diseño, justificando su selección (Ariza, 2015).

La utilización de la metodología de diseño apoyada con estrategias de selección de materiales y procesos permite ofrecer productos que cumplan con las expectativas de los usuarios, gracias al análisis de las propiedades de los materiales. El proceso de fabricación debe estar completamente definido y soportado por medio de planos técnicos y diagramas de producción, los cuales se obtienen durante el proceso de diseño.

Para aplicar este método de diseño se requiere conocer la taxonomía de clasificación de materiales, la clasificación de procesos, las propiedades de los materiales, las cartas de propiedades, la estrategia de selección de materiales y la estrategia de selección de procesos.

Por medio de este trabajo se quiere dar a conocer las estrategias utilizadas para seleccionar materiales y procesos en la metodología de diseño, a través del estudio de la clasificación y las propiedades de los materiales y procesos de manufactura, con el fin de ofrecer productos que logren satisfacer las necesidades de los usuarios.

### Metodología proyectual del diseño industrial

Una de las metodologías utilizadas en el proceso de formación de diseñadores industriales es la de Karl Ulrich, la cual se centra en la mercadotecnia, el diseño y la manufactura para definir cada una de las etapas del

proceso (Ulrich & Eppinger, 2013). En la primera etapa de esta metodología se definen aspectos del proceso de mercadeo que va a tener el producto, siguiendo los deseos y necesidades de los potenciales usuarios.

Posteriormente, se cumple la etapa de diseño formal, aplicando procesos creativos para crear un concepto que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios. Finalmente, el concepto de diseño se debe acomodar a los materiales y procesos existentes para planificar su fabricación industrial, por lo tanto, solo al final del proceso se analizan los materiales y procesos que se pueden utilizar para ofrecer el producto al mercado (ver Figura 1).



Figura 1. Proceso de desarrollo del producto. Fuente: Ulrich y Eppinger (2013).

Otra metodología que se utiliza en los talleres de diseño es la publicada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina [INTI]. Este método inicia con el planteamiento de una estrategia creativa, posteriormente se define el concepto y los detalles del

producto, y después de realizar pruebas de verificación se procede a planear la producción (ver Figura 2). La dificultad que se puede presentar en la producción es la falta de un análisis profundo de los materiales a partir de las características involucradas en el proceso.



Figura 2. Proceso de diseño. Fuente: INTI (2009).

Las metodologías tradicionales de diseño se caracterizan por hacer un mayor énfasis en los aspectos humanos que permiten la configuración del producto sin realizar la profundización adecuada en los aspectos productivos como la selección de los materiales.

En el método del *Design Thinking* se ve una clara orientación al análisis de los aspectos psicológicos del usuario, de ahí que se recomienda generar una empatía que permita identificar sus deseos y necesidades (ver Figura 3).

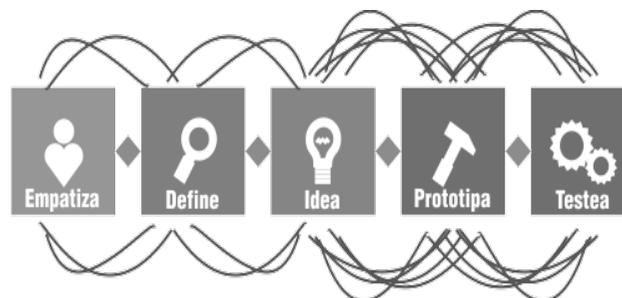


Figura 3. Design Thinking en español. Fuente: Dinngo (2017).

Las metodologías tradicionales ofrecen una vinculación directa entre las necesidades del usuario y la forma del producto, pero no brindan una estrategia que permita vincular estas necesidades con los materiales que se deben utilizar en la fabricación del producto. En el momento de realizar pruebas de uso, los usuarios se pueden encontrar con otras sensaciones que no fueron las expresadas en la generación del concepto. Esto se debe, en parte, al hecho de que las características físicas del material no llegan a satisfacer las expectativas generadas al inicio del proyecto. Para lograr esta interpretación de las sensaciones del usuario es necesario partir del conocimiento de los materiales, e involucrarlos en todo el proceso de creación.

### Clasificación de los materiales

Los materiales se clasifican en cuatro grandes grupos según su estructura y sus propiedades: metales, cerámicos, polímeros y materiales compuestos. Los metales se caracterizan por su alta resistencia mecánica, alta rigidez, buena conductividad eléctrica y superficies brillantes. Los cerámicos tienen alta resistencia térmica, alta fragilidad, alta porosidad y baja conductividad eléctrica. Los polímeros son materiales de baja densidad, baja resistencia mecánica, baja conductividad eléctrica y facilidad de procesamiento. Por su parte, los materiales compuestos o *composites* se obtienen por medio de mezclas no homogéneas entre diferentes tipos de materiales, como la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio o la resina epóxica reforzada con fibra de carbono.

Según las características específicas para el procesamiento y las aplicaciones, en los materiales cerámicos se clasifican los vidrios en un grupo independiente, y en el de los polímeros se catalogan los elastómeros en otro grupo. Los vidrios son materiales formados por estructuras amorfas, con alto brillo,

alta transparencia, alta fragilidad y alta resistencia térmica. Los elastómeros son materiales que tienen la propiedad de soportar altas deformaciones elásticas; se pueden procesar a altas temperaturas, como el polibutadieno, material utilizado para la fabricación de neumáticos, y algunos se procesan a temperatura ambiente, como el caucho de silicona, usado para elaborar prótesis flexibles.

De una manera análoga a la taxonomía de los organismos vivos, el reino de los materiales se puede clasificar por medio de familias, clases, subclases y materiales específicos. Las familias que se consideran son las siguientes: cerámicos, vidrios, metales, polímeros, elastómeros, materiales compuestos (ver Figura 4).

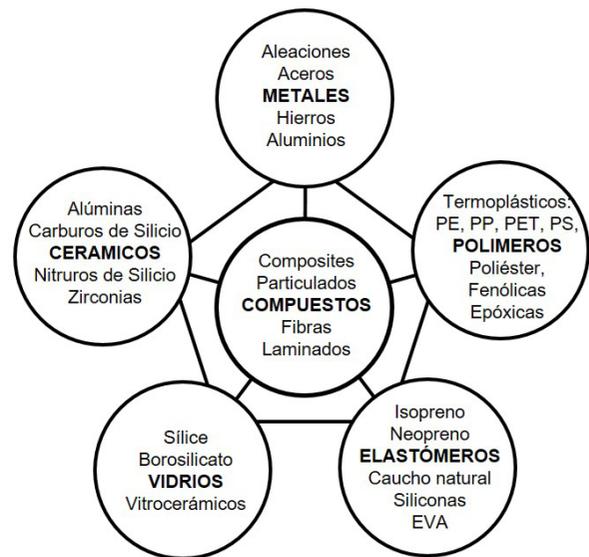


Figura 4. Clasificación de los materiales. Traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

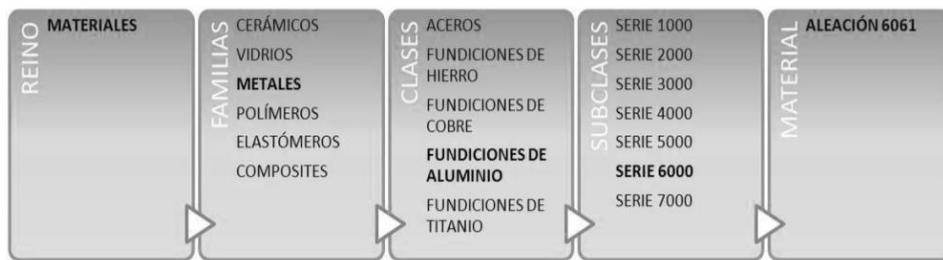


Figura 5. Taxonomía de clasificación de los materiales. Traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon.

Cada familia de materiales se clasifica en diferentes clases; los materiales metálicos se clasifican en aceros, fundiciones de hierro, y aleaciones no ferrosas (ver Figura 5), como las aleaciones de aluminio, titanio, níquel, zinc, estaño, etc. La familia de los materiales poliméricos se clasifica en dos clases: termoplásticos y termoestables.

La familia de los elastómeros cuenta con la clase de resinas naturales y las resinas sintéticas. Y los materiales compuestos se dividen en reforzados con partículas, reforzados con fibras y materiales compuestos laminados o contrachapados.

### Clasificación de los procesos de fabricación

Los procesos de fabricación se clasifican según el tratamiento que se le realiza al material en las diferentes etapas, desde el material en estado natural, hasta obtener un producto terminado. Esta clasificación se puede observar en el árbol de procesos (ver Figura 6). Los procesos se clasifican en cuatro grandes familias, según

las diferentes etapas por las que puede pasar un material desde la materia prima hasta obtener el producto terminado. Estas familias son: procesos primarios, procesos secundarios, procesos de unión y tratamientos superficiales. Estas familias hacen parte de la taxonomía de clasificación de los procesos, los cuales se consideran en un reino diferente al de los materiales (ver Figura 7).

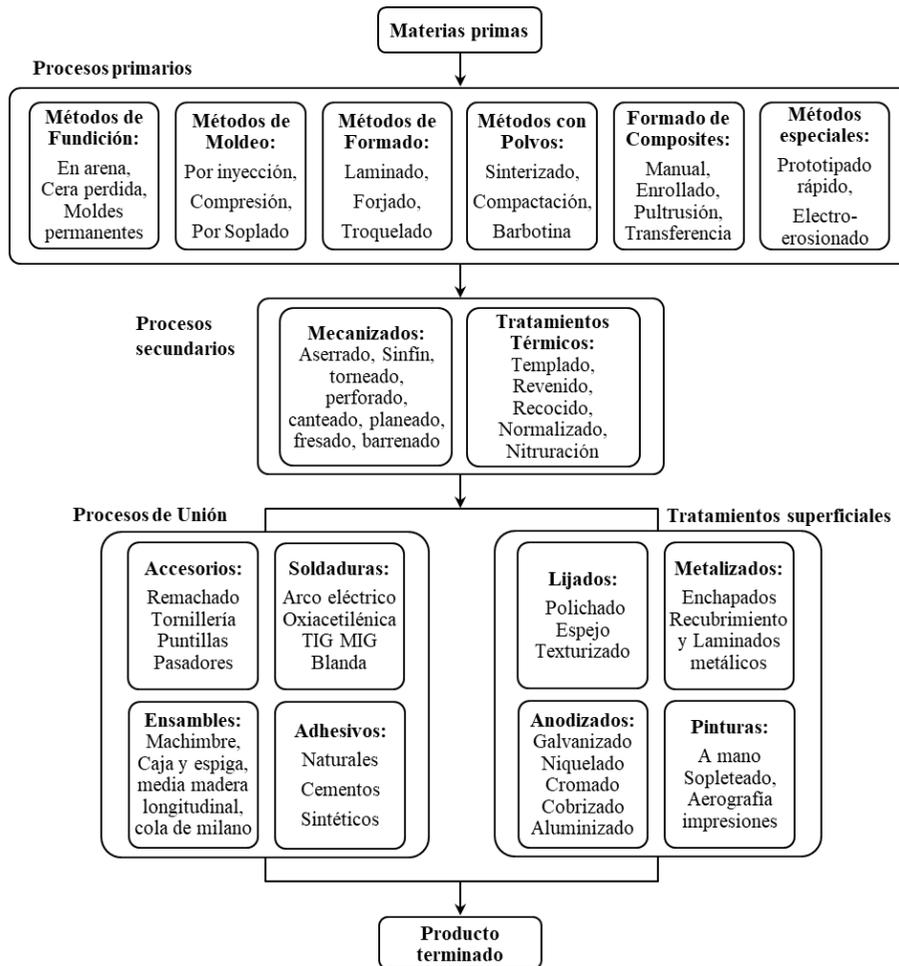


Figura 6. Árbol de clasificación de procesos, traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).



Figura 7. Taxonomía de clasificación de procesos de fabricación (traducción del original). Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

## Metodología de diseño

En una metodología de diseño tradicional se siguen diferentes etapas, las cuales se inician con la identificación de un problema o necesidad y terminan con las especificaciones necesarias para elaborar el producto.

En la Figura 8 se puede observar la estructura básica de la metodología de diseño en la sección central de la imagen. Esta metodología incluye definir el concepto de diseño, configurar el nuevo producto y elaborar el diseño detallado.

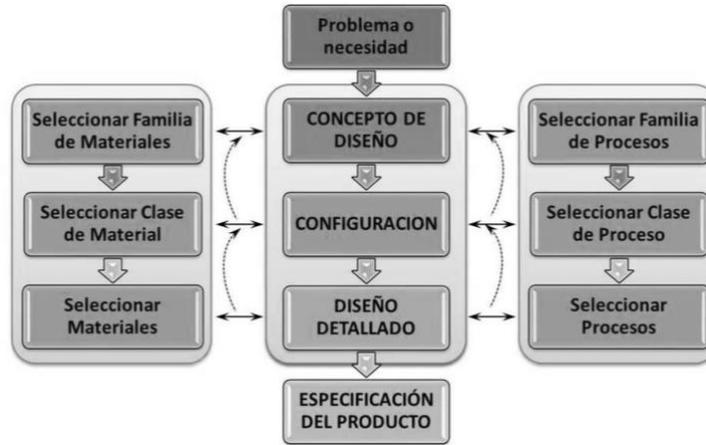


Figura 8. Metodología de diseño con selección de materiales y procesos traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

En la metodología de selección de materiales y procesos se incluye, paralelo a las etapas tradicionales del diseño, seleccionar los materiales adecuados para elaborar el producto según la taxonomía de clasificación de materiales, los cuales se pueden ver al lado izquierdo del diagrama de la metodología. Y al lado derecho se encuentran las diferentes etapas que permiten seleccionar los procesos en cada una de las etapas.

## Estrategia para selección de materiales y procesos

En cada una de las etapas del proyecto se puede aplicar una estrategia para clasificar, investigar y seleccionar los materiales o procesos más adecuados. La estrategia consiste en tener una gran cantidad de materiales disponibles al comienzo del proyecto, según los requerimientos de diseño, y a medida que avanza el proyecto, se disminuyen las opciones y la cantidad de materiales que se pueden utilizar (ver Figura 9).



Figura 9. Estrategia de selección de Materiales traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

La selección previa de los posibles candidatos que responden a los requerimientos del diseño se realiza por medio del análisis de las propiedades de los materiales.

Este análisis de propiedades tiene relación directa con las formas geométricas que va a tener el producto y con los procesos de manufactura a utilizar.

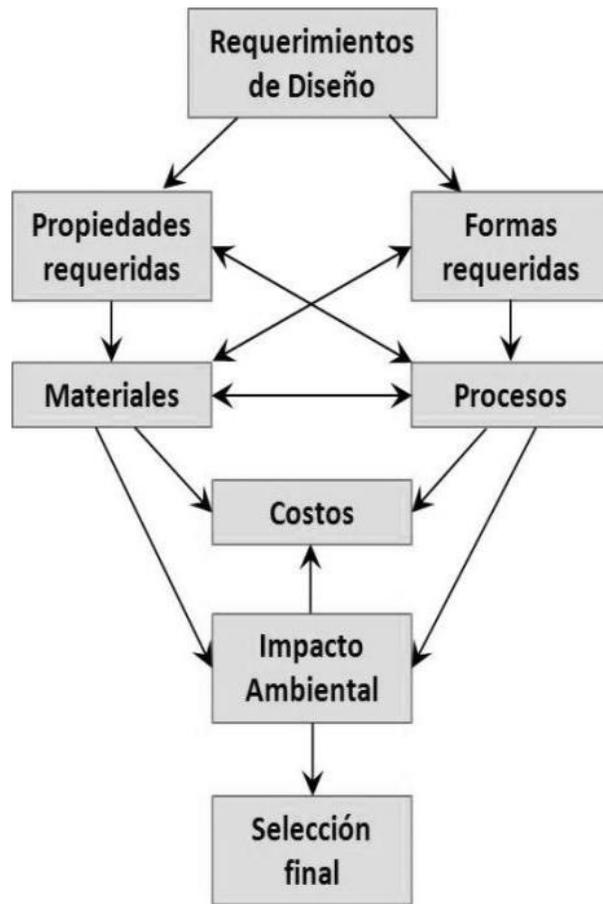


Figura 10. Interacción entre requerimientos de diseño, materiales, formas y procesos, traducción del original. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

En la Figura 10 se puede ver cómo los requerimientos de diseño determinan las propiedades y las formas geométricas que debe tener el producto para cumplir con su función. Estas propiedades y formas influyen directamente en la selección de los materiales y los procesos, pero, además de estos, hay otros factores externos que se deben tener en cuenta, como los costos tanto de los materiales como de los procesos. El impacto ambiental influye también en los costos de producción y en la selección final de los materiales y procesos.

### Herramientas para selección de materiales y procesos

Teniendo en cuenta que la metodología propuesta requiere conocer una gran cantidad de materiales, es necesario utilizar herramientas que ofrezcan información

sobre la clasificación, la estructura y el procesamiento de los materiales. Se propone utilizar tres tipos de herramientas: bases de datos de materiales, ensayos de laboratorio y modelado y simulación.

**Bases de datos de materiales.** Con las bases de datos de materiales se obtienen tablas, mapas y cartas de materiales y procesos. Las tablas presentan los valores de las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas, ópticas y químicas. En estas tablas se pueden seleccionar los materiales que tengan las propiedades necesarias para cumplir con la función, de acuerdo con los cálculos de funcionamiento realizados previamente. En los mapas de materiales se pueden encontrar los diferentes tipos de materiales por regiones, ubicados según los valores de dos propiedades seleccionadas.

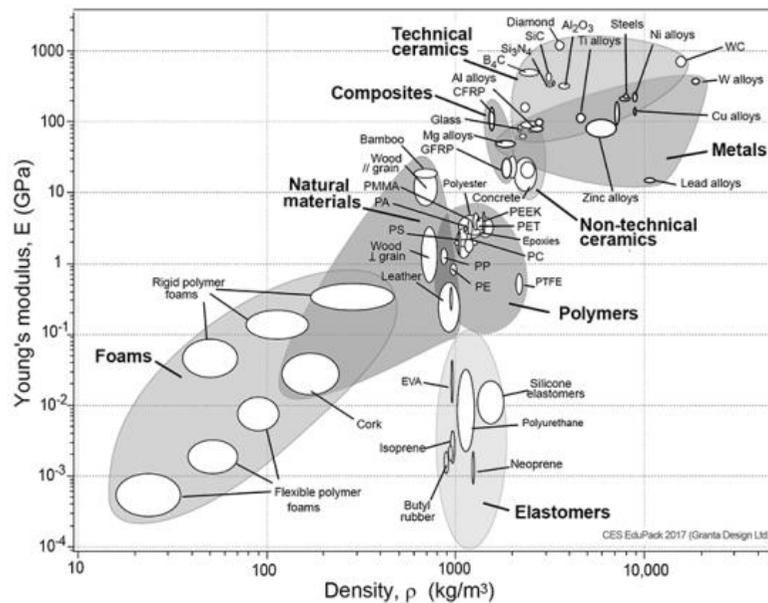


Figura 11. Mapa de materiales: Módulo de Young, Densidad. Fuente: Ashby, Shercliff y Cebon (2014).

En la Figura 11 se observa la ubicación de los diferentes tipos de materiales por regiones, según el valor del módulo de Young, graficado en el eje y, el cual nos ofrece información sobre la rigidez del material. De esta manera, los materiales cerámicos y los metales se ubican en la parte superior del diagrama. En el eje x se sitúan los valores de la densidad de los diferentes materiales; es por esto que las espumas están en el sector del lado izquierdo del diagrama, debido a su baja densidad. El CES Edupak es una herramienta digital desarrollada en la Universidad de Cambridge, que ofrece una gran cantidad de mapas en los que se disponen los materiales de acuerdo a diferentes propiedades físicas y de procesamiento, como el costo de la materia prima y el impacto ambiental (Granta Design, 2016).

Las cartas de materiales y procesos ofrecen información teórica y gráfica sobre un material o un proceso en particular. Allí encontramos la definición del material y unas tablas con el resumen de las propiedades más importantes, clasificadas en propiedades generales, propiedades mecánicas, propiedades térmicas y propiedades eléctricas. Además, se encuentran imágenes y ejemplos de las aplicaciones más comunes en productos de consumo. En las cartas de procesos se muestran algunos parámetros para el procesamiento, y la imagen del equipo utilizado para realizar el correspondiente proceso (Díaz, 2014).

**Pruebas de laboratorio.** Para seleccionar los materiales es necesario conocer muy bien sus propiedades y su comportamiento frente a diferentes estímulos externos. El análisis de las propiedades de un material se puede complementar mediante pruebas de laboratorio. En

la realización de estas pruebas se obtiene un primer acercamiento al material y a su procesamiento por medio del diseño y elaboración de las probetas, según las normas de la Asociación Americana de Pruebas de Materiales [ASTM]. Es particularmente importante la realización de estas pruebas cuando se desarrolla un nuevo material, o bien, cuando se plantea una modificación que le permita para cumplir con los requerimientos de diseño.

**Modelado y simulación 3D.** Finalmente, por medio del modelado y la simulación se logra configurar un producto con todos los detalles estéticos y técnicos, antes de invertir tiempo y dinero en su fabricación. Las herramientas CAD de diseño asistido por computador ofrecen la posibilidad de asignar diferentes materiales al diseño realizado con el fin de comprobar sus propiedades físicas. Estas herramientas cuentan con bases de datos que incluyen una gran cantidad de materiales, en los cuales se pueden seleccionar y probar los más adecuados para fabricar el producto. La parametrización, o modelado paramétrico, ofrece la posibilidad de tener un diseño estándar, acompañado de una gran cantidad de variantes geométricas, dimensiones y materiales. De esta manera se encuentra un abanico de posibilidades para seleccionar tanto el diseño, como los materiales y los acabados estéticos.

## Resultados

Esta metodología de diseño se ha utilizado en los últimos años para seleccionar los materiales y los procesos que permiten la elaboración de productos

que cumplan con los requerimientos de diseño. En el año 2012, se realizó el modelado y fabricación de una colección de accesorios de joyería por medio de técnicas de modelado paramétrico, utilizando geometrías obtenidas de especies animales en vía de extinción (Laguado & Olivella, 2012). Según los requerimientos del proyecto, las piezas se elaboraron en plata con la técnica de fundición a la cera perdida. La metodología de

selección de procesos permitió seleccionar los equipos y procedimientos adecuados en cada una de las etapas de elaboración de los accesorios. Los diseños obtenidos por modelado 3D fueron prototipados en cera por técnicas de manufactura aditiva. Posteriormente, se realizó el proceso de microfusión a la cera perdida para obtener las piezas en plata (Tabla 1).

**Tabla 1**  
**Proyectos elaborados con la metodología de selección de materiales y procesos**

Proyectos	Metodología	Estrategias	Resultados
Accesorios de joyería (Laguado & Olivella, 2012)	Selección de materiales y procesos	Modelado paramétrico	Producto: Accesorios Material: Plata Procesos: Microfusión
Suela de calzado (Cordobes & Laguado, 2013)	Selección de materiales y procesos	Modelado 3D Bases de datos Ensayos de laboratorio	Producto: suela Material: Caucho – fique Proceso: Vulcanizado
Máquina para triturado de residuos de caucho (Carrillo, Laguado & Ojeda, 2013)	Selección de materiales y procesos	Modelado 3D Simulación 3D	Producto: Máquina para triturado de residuos Material: Acero aleado Proceso: Mecanizado
Marco para bicicleta (Durán & Laguado, 2015)	Selección de materiales y procesos	Modelado 3D Modelado paramétrico	Producto: bicicleta Material: Acero 1020 Proceso: Mecanizado

Fuente: Autor.

En el proyecto de diseño y elaboración de una suela vulcanizada para calzado *sport* masculino, a partir de un nuevo material compuesto reforzado con fibras naturales (Cordobes & Laguado, 2013), se analizaron y seleccionaron los materiales siguiendo esta metodología. En este caso, para el desarrollo de un nuevo material compuesto primero se consultaron las bases de datos para conocer las propiedades de cada material particular. Posteriormente, se elaboraron las probetas y se realizaron pruebas de laboratorio para comprobar el comportamiento mecánico del material.

En el año 2013 se diseñó y construyó una máquina para triturado de residuos de caucho vulcanizado en industrias Record (Carrillo, Laguado & Ojeda, 2013). En este proyecto se utilizó el proceso de diseño para seleccionar los materiales más adecuados para la estructura del equipo y el eje principal del molino. En esta oportunidad, se utilizaron herramientas de modelado y simulación por la técnica de elementos finitos con el fin de predecir el comportamiento de diferentes materiales ante las cargas aplicadas. Se seleccionó acero, 1,4%; carbono, 0,20%;

molibdeno: ANSI40140, con alta resistencia a la fatiga y alta dureza con el fin de soportar adecuadamente las cargas dinámicas en el eje.

En el proyecto de diseño y desarrollo de un marco de acero para bicicleta de paseo, realizado para industrias Milán, se utilizaron métodos de diseño paramétrico con el fin de estandarizar los procesos de fabricación (Durán & Laguado, 2015). En este proyecto, el diseño paramétrico permite modificar la geometría, el material y las cargas aplicadas para seleccionar el diseño que responda de una mejor manera a los requerimientos. De esta manera, se generó una base de datos en la empresa que permite modificar la geometría de acuerdo con las dimensiones del usuario y al estilo de la bicicleta.

### Comentarios

En los proyectos de diseño de productos, la aplicación de una metodología adecuada a las características del proceso es de vital importancia para obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista estético y técnico.

Las estrategias para selección de materiales y procesos le permiten al diseñador considerar los aspectos técnicos y productivos de su producto desde el inicio mismo del proceso. Los proyectos referenciados en el apartado anterior muestran resultados satisfactorios tanto para los usuarios como para los fabricantes. Después de culminar la etapa de diseño, es necesario planificar el proceso de desarrollo del producto con el fin de buscar la manera de ubicarlo en el mercado. Para agilizar la planeación de la producción, estos productos cuentan con los materiales y procesos bien definidos, con el objetivo de presupuestar la inversión en materias primas y en procesos de fabricación.

## Referencias

- Ariza, H. M. (2015). Revisitando estrategias de sostenibilidad de las empresas a través de una visión sistémica empresarial. *I+ D Revista de Investigaciones*, 5(1), 23-42.
- Ashby, M., Shercliff, H. & Cebon, D. (2014). *Materials engineering science processing and design* (3 ed.). Oxford, UK: Elsevier.
- Carrillo, R., Laguado, L. & Ojeda, D. (2013). *Diseño y construcción de máquina para triturado de residuos de caucho vulcanizado en industrias Record*. Bucaramanga: UTS.
- Cordobes, K. & Laguado, L. (2013). *Diseño y desarrollo de suela vulcanizada para calzado sport masculino a partir de un nuevo material compuesto reforzado con fibras naturales*. Bucaramanga: Biblioteca UIS.
- Díaz, R. A. (2014). Marketing y las nuevas tecnologías de información, aplicadas en los negocios. *I+ D Revista de Investigaciones*, 4(2), 34-48.
- Dinngo. (2017). *Design Thinking en español*. Recuperado el 19 de 08 de 2017, de <http://designthinking.es/inicio/index.php>
- Durán, D. & Laguado, L. (2015). *Diseño y desarrollo de un marco de acero para bicicleta de paseo mediante métodos de diseño paramétrico, en industria de bicicletas Milán*. Bucaramanga: Biblioteca UIS.
- Granta Design. (2016). CES Edupack. Cambridge, UK. <https://grantadesign.com/education/ces-edupack/>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina. (2009). *Proceso de diseño fases para el desarrollo de productos*. Buenos Aires: Autor.
- Laguado, L. & Olivella, L. (2012). Diseño y manufactura de una colección de accesorios de joyería generada a partir de geometrías paramétricas: análisis formal de tres especies en vía de extinción. *IconoFacto*, 11(16), 213 - 227.
- Ulrich, K. T. & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (Quinta ed.). México: Mc Graw Hill.