

Lisbet Toranzo

lisbeth97@nauta.cu

Instituto Superior de Diseño de la UH , Cuba

Daniel Fadruga

fadrag@isdi.co.cu

Instituto Superior de Diseño de la UH , Cuba

Noelia Barrueta

noeliab@isdi.co.cu

Instituto Superior de Diseño de la UH, Cuba

A3Manos

Universidad de La Habana, Cuba

ISSN-e: 2412-5105

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 13, 2020

sergio@isdi.co.cu

Recepción: 14 Mayo 2020

Aprobación: 28 Junio 2020

Publicación: 20 Julio 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/784/7843892009/>

Instituto superior de Diseño, 2013



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: La selección de materiales en el proceso de Diseño es un aspecto que no se ha investigado a profundidad en el ISDi, contradictoriamente a la hora de diseñar un producto ejerce gran influencia en la calidad del mismo. Debido a su importancia se ha estudiado a nivel mundial y se han creado metodologías que la guían. Con el fin de elaborar una herramienta que ayude a los estudiantes del ISDi a realizar esta selección siguiendo una secuencia de pasos lógicos y de manera coherente con el proceso de diseño se analizan algunos de estos métodos. Partiendo de ellos se adaptan los elementos positivos a las condiciones del ISDi y al proceso de diseño que se sigue actualmente. De este modo se desarrolla una herramienta que facilite la selección de materiales, cuyo uso se explica detalladamente y se ejemplifica para una mejor comprensión de la misma.

Palabras clave: Selección de materiales, Proceso de diseño, Geometría, Propiedades de los materiales, Procesos productivos.

Abstract: The selection of materials in the Design process has a great influence on its quality, however, it was found that this aspect has not been investigated in depth in the ISDi. Due to its importance and impact on the quality of a good design, methodologies that guide how to make the selection of the material based on previously established criteria have been studied and developed worldwide. In this way, a single type of material is selected, which should be the most appropriate for the intended purpose. Most of the methods are based on the availability of a wide range of materials, which must be analyzed to gradually reduce the range of possibilities, either with the help of: recommendations (traditional methods), material maps (graphic method) or written information found in bibliographic sources or in the form of software in virtual databases. In general, to reduce the number of materials, the starting point is the properties required by the product to be designed and is based on criteria such as: availability, ease of obtaining, service life, environmental factors and costs, among others. In this way, a single type of material is selected, which should be the most appropriate for the intended purpose. A tool is proposed that helps ISDi students to make this selection following a sequence of logical steps and in a coherent way with the design process, analyzing some of these methods, adapting them to the conditions of the ISDi and the design process that is used. he is currently still in the institution. In this way, a tool is developed that facilitates the selection of materials, the use of which is explained in detail and exemplified for a better understanding.

Keywords: Material selection , Design process , Geometry, Material properties , Production processes.

INTRODUCCIÓN

Para la creación de nuevos productos a través de la disciplina del Diseño Industrial resulta necesaria la aplicación de una metodología proyectual de Diseño, dividida en diferentes etapas que permiten llegar a la concepción del producto final. Para ello se emplean herramientas que posibilitan la exploración de alternativas formales y funcionales; las mismas facilitan la búsqueda de soluciones innovadoras que resuelvan el problema planteado al inicio del proyecto. Sin embargo a la hora de escoger el material para la fabricación del producto en el ISDi no se cuenta con un método idóneo que garantice la selección más eficiente del mismo.

A nivel mundial se ha estudiado esta selección y se han creado metodologías para guiar la selección del material. Estas metodologías destacan que existe una interdependencia entre las propiedades del material, la geometría de producto, los procesos productivos y la función del producto; o sea, tanto las propiedades del material, como la geometría del producto y los procesos productivos deben estar íntegramente relacionados con la función del producto y a su vez cada uno debe ser independiente del otro.

Diferentes han sido los autores que han abordado este tema, como es el caso del Dr. Mike Ashby de la Universidad de Cambridge, quien desarrolló una metodología que es la que se toma de referencia en todo el mundo. Dicha metodología permite visualizar, y planear los materiales y procesos de elaboración más adecuados para elaborar el producto desde el mismo inicio del proyecto y a través de todas sus etapas; ofreciendo una taxonomía de clasificación de materiales y procesos que permite conocer todas las familias y clases de los mismos. Para apoyar este conocimiento se emplean cartas de propiedades de materiales, las cuales permiten seleccionar gráficamente los materiales más adecuados para elaborar el producto de acuerdo a sus propiedades. Finalmente se ofrece una estrategia para la selección de los materiales y una para la selección de los procesos. Permitiendo que al finalizar el proyecto se conciba un nuevo producto, en el cual la selección de sus materiales y procesos de elaboración quedan justificadas según el estudio realizado a las propiedades del producto. Sin embargo esta metodología tiene una gran desventaja, resulta bastante compleja y requiere muchos cálculos, por lo cual es más adecuada para ser empleado por ingenieros, pero para estudiantes de diseño resulta bastante engorrosa.

Mientras, al analizar la metodología del proceso de Diseño empleada actualmente en el ISDi notamos que no existe un procedimiento para la selección del material. La elección del mismo se hace de manera empírica, basada generalmente en la comparación con los referentes existentes. Por lo general se escoge el material por motivos estéticos, sin analizar a profundidad los procesos productivos que se requieren para elaborar el producto o las propiedades específicas de cada material, en su lugar se suele describir la familia de materiales (metal, madera, plástico, etc.) pero sin llegar a analizar y seleccionar un material específico dentro de estas familias. No se tiene en cuenta la interdependencia entre las propiedades del material, la geometría del producto, los procesos productivos y la función del producto. Generalmente no se analiza el costo de los materiales cuando se realiza un proyecto como parte de la asignatura de Diseño Industrial, a pesar de lo importante que esto resultará en la vida laboral del estudiante una vez graduado. Además, en la mayoría de los casos el análisis de tecnología queda muy por debajo del resto de los factores. En el instituto existe una carencia de conocimiento acerca del proceso de selección de materiales, sin embargo los métodos empleados en el resto del mundo no se ajustan al modo de enseñanza del ISDi ya que requieren cálculos y análisis muy complejos para los cuales los estudiantes no están preparados, pues este contenido no forman parte del plan de estudio de la escuela.

RESULTADOS

Tablas de compatibilidad de procesos productivos con materiales y procesos productivos con geometría del producto. Cada una corresponde a una de las 4 familias en las que se dividen los materiales según la taxonomía propuesta (metales, maderas, plásticos y cerámica).

Discusión

Interdependencia entre la geometría del producto, los procesos productivos y las propiedades del material con su función:

Un producto exitoso debe funcionar correctamente y debe ser manufacturable. Para que el producto sea funcional debe de cumplirse que las propiedades del material, los procesos productivos y la geometría del producto deben estar íntegramente relacionados con la función del producto y a la vez cada uno ser independiente del otro, esto es a lo que llamamos interdependencia. Es decir, el material que se deberá seleccionar debe ser manufacturable con facilidad y a un costo razonable, además no debe perjudicar la geometría y debe satisfacer las propiedades deseadas para cumplir la función del producto.



FIGURA 1
Interdependencia entre la función del producto su geometría los procesos productivos y las propiedades del material Elaboración propia
Elaboración propia

Resulta conveniente recurrir a un ejemplo para explicar mejor esta interdependencia. Si fuéramos a seleccionar el material para el carrete que se muestra en la figura 2 comenzaríamos determinando las especificaciones de diseño y la geometría del producto. En las especificaciones de diseño encontramos las

propiedades del material, que pueden ser mecánicas: como resistencia al corte o resistencia a la tracción, pues el carrete estará sometido a esfuerzos de torsión, y propiedades físicas: como resistencia a la corrosión; estas serían las principales pero existen más. Por otra parte, analizando la geometría notamos que podría ser manufacturado o construido uniendo las planchas circulares a otra plancha cilíndrica, lo que implica que podemos tener dos procesos productivos: el rolado de la plancha para formar un cilindro y la unión de piezas mediante soldadura. Entonces para seleccionar el material se tiene en cuenta las especificaciones de diseño y los procesos productivos antes mencionados, por lo cual elegimos un material soldable, maleable y maquinable de una de las familias de materiales. Notamos que, según las características encontradas el material que cumple con las mismas está en la familia de los metales ferrosos, pudiendo ser un acero al carbono.

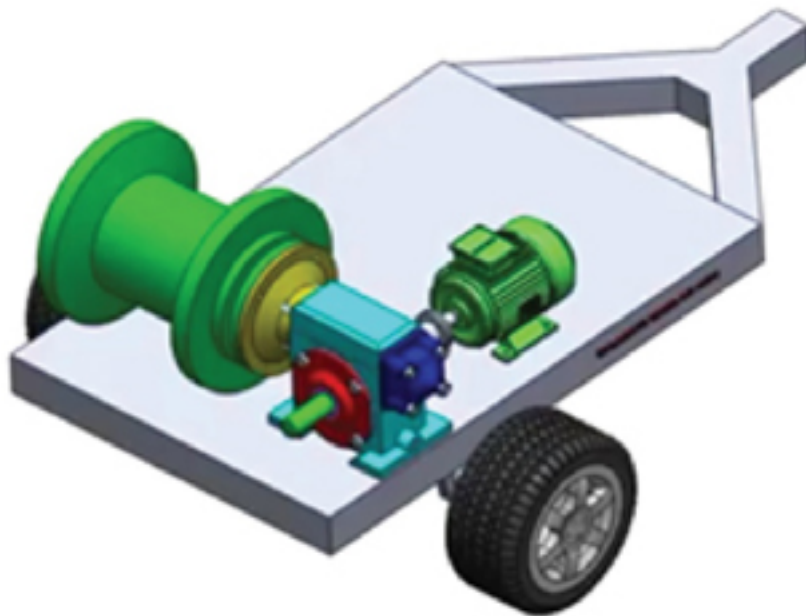


FIGURA 2
Ejemplo de producto a diseñar
Elaboración propia

Métodos empleados en el mundo para la selección de materiales:

En el mundo existen diversos métodos para la selección de materiales, los cuales responden en mayor o menor medida al proceso de diseño, según las peculiaridades de las metodologías empleadas en cada país. En la metodología de Diseño tradicional, se establecen las etapas del proyecto, en ellas se realiza un análisis de alternativas y se van tomando decisiones paso a paso hasta llegar al producto final, pero sin llegar a analizar a profundidad la características del material a emplear y su comportamiento. La selección de los materiales por lo general se realiza en una etapa de evaluaciones técnicas, al final del proyecto, de modo que 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, provocando que en la etapa de fabricación, el producto pierda algunas de las características que fueron pensadas para la satisfacción del usuario.

La mayoría de métodos parten de la disponibilidad de una amplia gama de materiales, los cuales se deben analizar para ir reduciendo la gama de posibilidades, ya sea con ayuda de: recomendaciones (métodos tradicionales), mapas de materiales (método gráfico) o información escrita que se encuentran en fuentes bibliográficas o en forma de software en bases de datos virtuales. Por lo general para reducir el número de materiales se parte de las propiedades exigidas por el producto a diseñar y se sustenta con criterios como: disponibilidad, facilidad de obtención, vida de servicio, factores ambientales y costos, entre otros. De esta forma, se llega a la selección de un único tipo de material, el cual debería ser el más apropiado para el fin pretendido.

Los tres métodos más empleados a nivel mundial para la selección de materiales son el método tradicional, el método gráfico y el método con ayuda de bases de datos.

Método tradicional:

Con este método se escoge el material que se cree más adecuado con base en la experiencia de productos que tienen un funcionamiento similar y que han mostrado buenos resultados. Es también conocido como materiales de ingeniería de partes similares. Este método tiene como ventaja que el diseñador se siente seguro con un material usado y ensayado; además, en algunos casos esto contribuye a la estandarización del stock. Por ejemplo, las características de proceso del acero son bien conocidas – La disponibilidad del acero está asegurada – generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos.

Sin embargo, el uso de este método tiene una gran desventaja, en ocasiones conduce a serios problemas, ya que no se hace un estudio real del contexto del nuevo producto, el cual puede ser decisivo a la hora de escoger el material. Por otra parte con el avance de las tecnologías día a día se crean nuevos materiales con nuevas características, al basarse solo en la información que se conoce de antemano se descartan materiales cuya existencia el diseñador desconoce y que podrían ser más adecuados y cumplir mejor con las funciones del producto que los materiales que tradicionalmente emplea. Por otra parte adentrarse en la búsqueda de materiales nuevos mediante herramientas como internet, que ponen gran cantidad de información al alcance de todos, podría significar un gran gasto de tiempo. La búsqueda del material idóneo puede tardar y aun así, analizando productos similares, no siempre se llega a un material que cumpla con todas las características que necesitamos en el producto nuevo.

Método gráfico:

Este método se apoya en graficas (mapas de materiales), en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. Fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales, en lugar de las etapas finales del proyecto como sucede con otras metodologías. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una determinada familia de materiales), según la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el producto.

Pocas veces el comportamiento de un componente depende sólo de una propiedad. Por otra parte diagramas como los del Dr. Mike Ashby, muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos (dependiendo del estado de estos), formando grupos que se ubican en áreas cerradas, zonas o campos en tales diagramas. Por tanto en una misma familia de materiales puede apreciarse una gran variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas. Entre las propiedades que se relacionan en estos mapas están la resistencia, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, difusividad y expansión y costos.

La selección de materiales con ayuda de estos mapas se hace entonces encontrando cuales son las combinaciones de propiedades más importantes para el producto a diseñar, con ayuda de cálculos de resistencia y aplicando criterios de falla de acuerdo a los esfuerzos aplicados. Para realizar estos cálculos se requieren conocimientos que actualmente no se estudian en el ISDi, por lo que para los estudiantes resulta imposible aplicar este método, a menos que formaran parte de un equipo multidisciplinario en el cual contarán con la ayuda de ingenieros que si pudieran realizar los cálculos necesarios.

Luego de ubicar el diagrama que presenta la combinación de propiedades que se necesita y realizar los cálculos correspondientes, se entra en un campo que corresponde a una familia determinada de materiales. De los materiales pertenecientes a esta familia, se realiza una preselección, y posteriormente una selección, teniendo en cuenta otros criterios como costos, disponibilidad, durabilidad, efecto ambiental, etc.

Método con ayuda de bases de datos:

En la Internet existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Se dividen en dos categorías principales: numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Dentro de las más importantes bases de datos están el banco de datos de la ASTM, la SAE, la ASM, la AISI, la NASA, etc. Una base de datos pública que ha adquirido gran importancia por la cantidad de datos y variedad de materiales que maneja, puede ser consultada en la página web. www.matweb.com.

La selección de materiales con ayuda de estas bases de datos, parte del conocimiento de las principales propiedades que se deben tener para un fin específico. Se introducen en el programa los valores aproximados de las propiedades que debe tener el producto y este hace una lista de los materiales que cumplen con las mismas. Son varias las fuentes donde se compilan bases de datos.

Sin embargo por las condiciones en las que se encuentra nuestro país, por el momento el método empleando bases de datos resulta muy difícil y hasta casi imposible de usar. Para emplearlo es necesario instalar programas que requieren licencia o acceder a páginas que están restringidas para Cuba.

Metodología de selección de materiales y procesos desarrollada por el Dr Mike Ashby:

El método más efectivo y que pudiera ser adaptado a la metodología del proceso de diseño impartida en el ISDi es el método del Dr. Mike Ashby, ya que este método vincula el proceso de selección con las etapas del proceso de diseño, logrando que la selección del material y los procesos productivos estén mejor justificadas y vayan en correspondencia con la geometría del producto. Aunque es necesario hacer algunas modificaciones en esta metodología para que el estudiante pueda seleccionar el material sin necesidad de los cálculos que se requieren en dicho método. Para ello nos adentraremos un poco más en la explicación la metodología y taxonomías de materiales y procesos empleados en el mismo para tomarlo como referencia principal para la elaboración de nuestra herramienta.

En el método de Diseño apoyado con estrategias para selección de materiales propuesto por el Dr. Mike Ashby conocido como: “Strategic thinking: matching material to design” (Ashby, Shercliff, y Cebon, 2014), se presenta una taxonomía de clasificación de materiales que permite seleccionar los más adecuados de acuerdo a las propiedades que requiere el producto a diseñar, entre miles de materiales. Del mismo modo, la taxonomía de clasificación de procesos permite seleccionar los procesos que se necesitan para elaborar el producto según el diseño planteado. Las estrategias de selección de materiales y de procesos se involucran a la metodología de diseño tradicional, lo cual permite involucrar estas estrategias en todas las etapas del proceso de diseño, justificando su selección (Ariza, 2015).

Clasificación de los materiales:

Según esta metodología los materiales se clasifican, según su estructura y sus propiedades, en cuatro grandes grupos: Metales, Cerámicos, Polímeros y Materiales compuestos. Los metales son materiales que destacan por su alta resistencia mecánica, alta rigidez, buena conductividad eléctrica y superficies brillantes. Mientras los cerámicos poseen alta resistencia térmica, alta fragilidad, alta porosidad y baja conductividad eléctrica. Los polímeros se caracterizan por su baja densidad, baja resistencia mecánica, baja conductividad eléctrica y facilidad de procesamiento. Por su parte los materiales compuestos o composites, se obtienen producto de mezclas no homogéneas entre diferentes tipos de materiales, por ejemplo: la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y la resina epóxica reforzada con fibra de carbono.

Teniendo en cuenta las características específicas para el procesamiento y las aplicaciones, se consideran los vidrios como un grupo independiente en los materiales cerámicos, mientras que en los polímeros, se consideran los elastómeros en otro grupo. Los vidrios son materiales formados por estructuras amorfas, entre sus características destacan su alto brillo, transparencia, fragilidad y resistencia térmica. Los Elastómeros por otra parte son materiales que tienen la propiedad de soportar altas deformaciones elásticas, estos se pueden procesar a altas temperaturas, como el Polibutadieno, un material utilizado para la fabricación de neumáticos, y algunos se procesan a temperatura ambiente, como el caucho de Silicona, que se emplea para elaborar prótesis flexibles.



FIGURA 3
Clasificación de los materiales traducción del original
Ashby, Shercliff, & Cebon, 2014

En las ciencias naturales se emplea una taxonomía de los organismos vivos, en el reino de los materiales se puede establecer una analogía con la misma, permitiendo clasificarlos por medio de Familias, Clases, Subclases y Materiales específicos. En este caso las familias que se consideran en esta taxonomía son las siguientes: Cerámicos, Vidrios, Metales, Polímeros, Elastómeros, Materiales compuestos.



FIGURA 4
Taxonomía de clasificación de los materiales traducción del original

Ashby, Shercliff, & Cebon, 2014

Dentro de cada familia de materiales estos se clasifican en diferentes clases, los materiales metálicos, por ejemplo, se clasifican en Aceros, Fundiciones de hierro, y aleaciones No ferrosas, como las aleaciones de Aluminio, Titanio, Níquel, Zinc, Estaño, etc. La familia de los materiales poliméricos se clasifica en dos clases: Termoplásticos y Termoestables. En el caso de la familia de los Elastómeros cuenta con la clase de resinas naturales y las resinas sintéticas. Mientras que los materiales compuestos se dividen en: reforzados con partículas, reforzados con fibras y materiales compuestos laminados o contrachapados.

Clasificación de los procesos:

Los procesos de fabricación se clasifican en base al tratamiento que se le aplica al material en las distintas etapas, desde el material en estado natural, hasta conseguir el producto terminado. Esta clasificación se puede cons- tatar en el árbol de procesos, los cuales se clasifican en cuatro grandes familias, según las diferentes etapas con las que se transforma un material desde la materia prima hasta obtener el producto final. Estas familias son: Procesos primarios, procesos secundarios, procesos de unión y tratamientos superficiales. Las mismas forman parte de la taxonomía de clasificación de los procesos y se introducen en un reino diferente al de los Materiales, el reino de los Procesos.

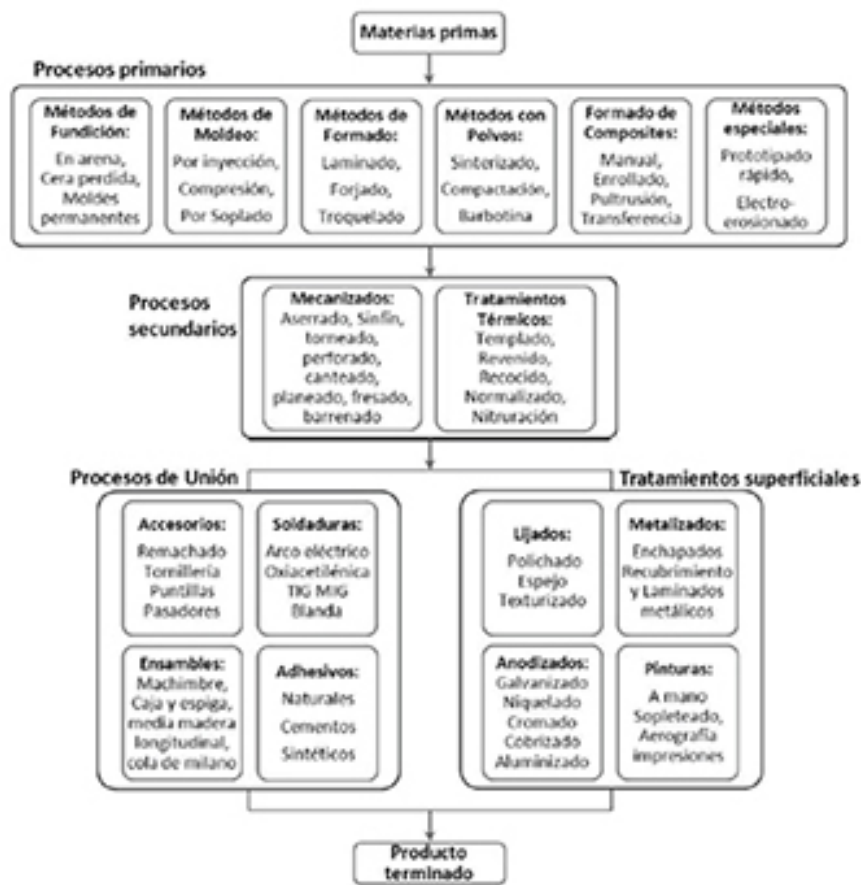


FIGURA 5
 Árbol de clasificación de procesos traducción del original
 Ashby, Shercliff, & Cebon, 2014

Similar a la clasificación de los materiales por reino, familia, clases, etc. ocurre con los procesos productivos. Estos responden a una taxonomía similar que sirve de guía para la selección de los procesos.



FIGURA 6
 Taxonomía de clasificación de procesos de fabricación traducción del original
 Ashby, Shercliff, & Cebon, 2014

En una metodología de Diseño tradicional, se pueden establecer diferentes etapas, iniciando con la identificación de un problema o necesidad, y concluyendo con las especificaciones necesarias para desarrollar el producto. En la figura 10 se puede apreciar la estructura de la metodología de Diseño en la sección central de la imagen. En la metodología de selección de Materiales y Procesos de Ashby se incluye, paralelo a las etapas tradicionales del Diseño, escoger los materiales adecuados para construir el producto, según la taxonomía de clasificación de materiales, los cuales se pueden observar al lado izquierdo del diagrama de la metodología. Y al lado derecho se encuentran las diversas etapas que permiten seleccionar los procesos en cada una de las etapas.



FIGURA 7

Metodología de Diseño con selección de Materiales y Procesos traducción del original

Ashby, Shercliff, & Cebon, 2014

Herramienta para emplear en el ISDi:

Para la elaboración de la herramienta se toma como referencia el método del Dr. Mike Ashby, sin embargo no se emplearán sus mapas de materiales debido a la complejidad de los cálculos que se requieren para su utilización. En su lugar se elaborará un prontuario en el que el estudiante podrá analizar la compatibilidad entre procesos productivos y materiales, así como procesos productivos y geometrías. Además se le ofrecerá al estudiante una selección bibliográfica que le servirá de base para encontrar las propiedades fundamentales de una amplia gama de materiales, sin embargo no debe limitarse a usar sólo esta bibliografía, también usaría catálogos de materiales u otra bibliografía que él mismo encuentre para complementarla.

Al igual que el método de Ashby para la organización del proceso de selección se empleará una taxonomía de clasificación de materiales y una para los procesos productivos, aunque tendrá algunas variaciones que permitirán analogarlas mejor con los contenidos recibidos en las asignaturas de “tecnologías de los materiales”. Partiendo de esta nueva taxonomía será que se desarrollará el proceso para la selección de los materiales y procesos productivos.

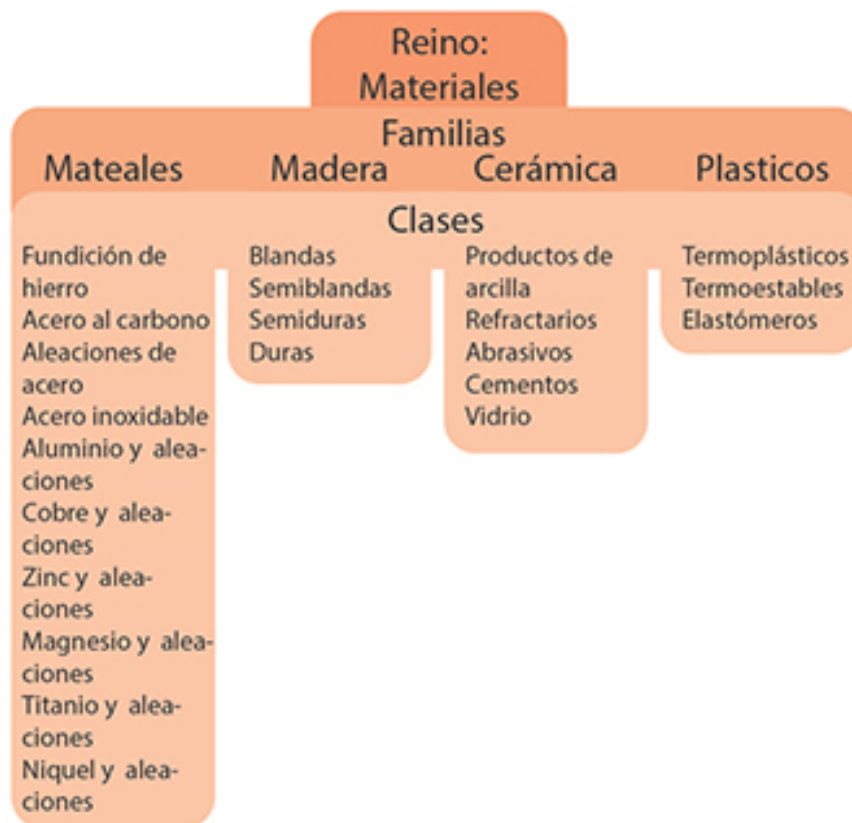


FIGURA 8
Taxonomía de clasificación de materiales
Elaboración propia

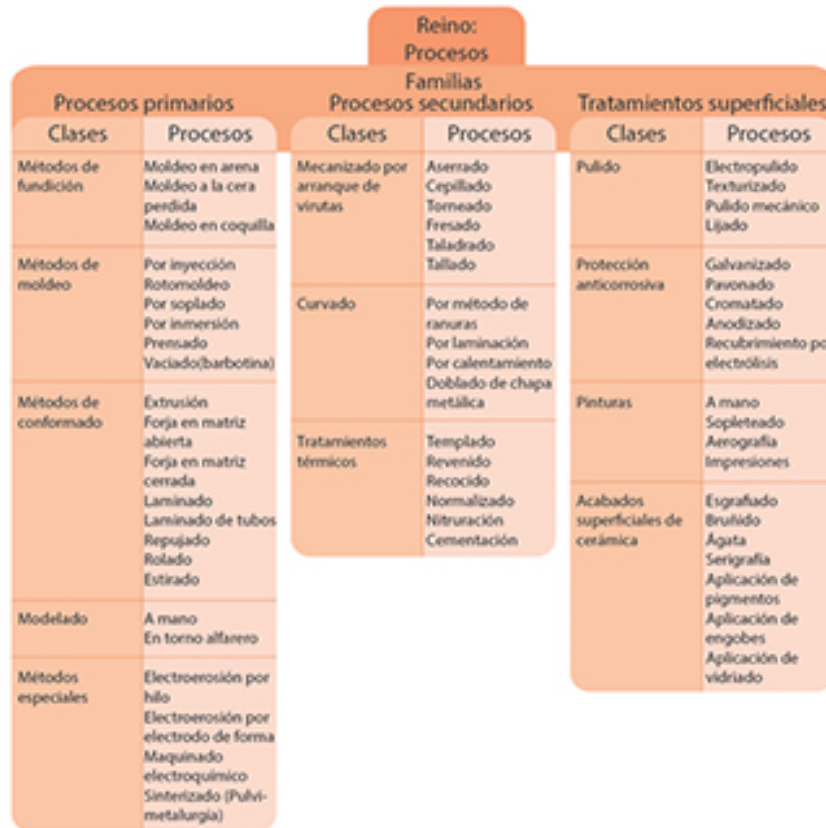


FIGURA 9
Taxonomía de clasificación de procesos
Elaboración propia

De modo general el proceso de selección que se propone sería muy similar al desarrollado por Ashby, se partiría de una gran gama de materiales y procesos que se iría reduciendo a medida que avance el proceso de diseño hasta quedar con el material o los materiales finales y los procesos por los que se obtendría el producto. Sin embargo el método de Ashby se aplica a una metodología de diseño diferente a la empleada en el ISDi ya que las etapas del proceso no coinciden, aunque si tienen puntos en común en cuanto a la esencia de las mismas. Es por ello que tomando estas similitudes como base se adaptaría el proceso de selección de materiales y procesos al proceso de diseño que se emplea en el ISDi.

Primeramente se partirá de los requisitos de diseño obtenidos al inicio del proyecto, así como las condicionantes del mismo. Teniendo en cuenta las características fundamentales que deberá tener el producto se haría una primera selección, en la cual se escogería la familia o familias de materiales que se emplearán, así como las de los procesos productivos. El número de familias a escoger dependerá de lo que exija el proyecto, por ejemplo si se trabajará con un solo material o si se combinarán varios; de igual modo de las familias de materiales que se escojan dependerá en cierta medida la selección de las familias de materiales. Una vez seleccionadas las familias de materiales y procesos productivos se seguiría avanzando en el proyecto de diseño hasta tener un concepto inicial del producto. Es entonces cuando se pasaría a seleccionar las clases de materiales así como las clases de los procesos productivos, basado en las características que se determine que tendrá el producto durante la exploración de alternativas y variantes, lo cual reduciría el número de posibilidades. Para guiar la selección de las clases ya se comenzaría a analizar en las tablas la compatibilidad entre materiales y procesos productivos, así como la compatibilidad con las geometrías que

se vayan explorando en las variantes. Posteriormente al tener el concepto óptimo del producto se realizaría la selección final de los materiales y procesos según las características finales del producto y su geometría. Para ello se buscaría en la selección bibliográfica (la entregada junto con la tesis u otra encontrada por el estudiante) el material más adecuado entre los que se encuentran dentro de la clase escogida anteriormente, teniendo en cuenta también factores como el costo de los materiales, su impacto en el medioambiente, etc. Finalmente se confirmaría en las tablas la compatibilidad entre las 3 variables simultáneamente para elegir la opción más adecuada y que permita mantener la interdependencia entre las propiedades del material, la geometría del producto y los procesos productivos con la función del mismo.

Análisis de etapas del proceso de diseño:

Para la realización de este análisis se toma como base la tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas del Dr. Sergio Luis Peña Martínez, centrándonos fundamentalmente en las etapas de Necesidad y Proyecto, ya que antes la etapa de Producción tendría lugar luego de la selección del material.



FIGURA 10
Proceso de Diseño Etapas Fases y Tareas
Peña, 2018

“En la Etapa Necesidad se encuentra la Fase Estrategia, en esta se detecta la necesidad, (...) se gestiona la información necesaria para el desarrollo del proyecto, identificando las condicionantes de producción, mercadológicas, del contexto y derivadas del consumo” (Peña, 2018). Ya desde este momento el diseñador comienza determinar propiedades que deberá tener el producto para suplir la necesidad que se detecte, por tanto se inicia el proceso de selección de materiales que cumplan con las mismas. Sin embargo el análisis de los materiales suele hacerse de forma muy amplia, contemplando la mayor cantidad de posibilidades.

“En la Etapa Proyecto, aparece la Fase de Problema, aquí corresponde definir la tarea a diseñar (...) Son tareas recurrentes en esta Fase: estudios de mercado, análisis funcionales y de uso, análisis de normativas y legislaciones, determinación de los aspectos ambientales del producto, análisis del ciclo de vida, estudios comparativos de soluciones existentes; entre otros. Todo ello para definir el contenido y alcance del proyecto que se va a desarrollar y redactar el programa de requisitos de proyecto conciliando integralmente las necesidades que le dan origen con las del encargo y los intereses de los usuarios finales a los que se dirige la solución” (Peña, 2018). Parte de estos requisitos se traducirían entonces como propiedades que deberá tener el material para que los mismos se cumplan. En este caso la gama de materiales se reduciría levemente con respecto a la fase de Necesidad, pero aun sería muy abarcadora.

La siguiente Fase, denominada Concepto, es el momento de concebir el camino a la solución, anticipar las posibles salidas y el diseñador actúa fundamentalmente de forma creativa, generando alternativas y variantes

(Peña, 2018). Es durante esta exploración de variantes donde se analiza más a profundidad las opciones de materiales más factibles que se podrían emplear, comparando las propiedades de los mismos y como tributan de mejor o peor manera al concepto de diseño que se está desarrollando. De igual modo en medio de esta exploración se va definiendo la forma del producto, por tanto se deben ir analizando a la par los procesos productivos que se deberán realizar para que la misma sea producible. Para concluir esta fase se presentaría un concepto óptimo, es en él donde se selecciona el material final así como los procesos productivos que se emplearán para la elaboración del producto.

Finalmente vendría la fase de Desarrollo. “En esta Fase es preciso articular la creatividad con conocimiento tecnológico, principios técnicos y con el manejo de materiales y sus procesos de transformación.” (Peña, 2018). En la misma se realizaría el estudio final para comprobar que la selección de materiales y procesos haya sido correcta, en caso de no serlo se harían los ajustes necesarios para que el producto sea producible y cumpla con su función.

En el siguiente esquema se muestra en que momentos del proceso de Diseño intervendría la herramienta elaborada, partiendo de los puntos principales de este proceso que intervienen en la selección de los materiales.



FIGURA 11

Esquema del proceso de diseño compatibilizado con la selección de materiales y procesos

Elaboración propia

Tablas de compatibilidad de los procesos productivos con materiales y procesos productivos con la geometría:

Para apoyar la selección de materiales y procesos se elaboraron 4 tablas a modo de prontuario que le servirán al estudiante para analizar la compatibilidad entre los materiales y procesos productivos así como los procesos productivos con la geometría mientras realizan la selección de los materiales y procesos. Para una mejor organización que facilitara la búsqueda se decidió realizar una tabla independiente para cada familia de materiales (o sea, metales, madera, cerámica y plásticos). En un inicio se pensaba elaborar 2 tablas diferentes para cada familia de materiales (una para la compatibilidad de los procesos productivos con materiales y otra con la geometría) pero finalmente se decidió unificarlas para que el estudiante pudiera analizar simultáneamente la compatibilidad entre todos los elementos.

En cada tabla encontramos en la esquina superior izquierda la leyenda, la cual se ubicó allí para que fuera rápidamente localizada mientras se observa la tabla. Debajo de ella en las 2 primeras columnas de la izquierda tenemos los procesos productivos acompañados de un pequeño esquema para que estudiante comprenda

mejor de que proceso se trata en caso de tener alguna duda con el nombre. Se decidió colocar en la tabla solo los procesos que permiten transformar la geometría del producto, excluyéndose los acabados superficiales, estos serán escogidos por el estudiante basándose en otros factores independientemente de la geometría y podrán encontrar información sobre los mismos tanto en las conferencias de tecnología de los metales como en búsquedas que hagan en internet (en este caso la búsqueda sería rápida y sencilla pues solo tendrían que buscar los acabados para el material específico escogido). Por otra parte cada tabla incluye solo los procesos productivos que se aplican a la familia de materiales correspondiente.

Luego en la fila superior tenemos a la izquierda los materiales y a la derecha las características que podría tener la geometría del producto. En el caso de los términos empleados para describir la geometría, se llegó a ellos mediante el análisis de una encuesta realizada a una muestra de profesores de diseño, que permitió adaptar algunos términos encontrados en la bibliografía y que podrían resultar confusos para los estudiantes a términos más empleados en el ISDi.

Para buscar en las tablas entonces solo sería necesario hacer coincidir un proceso productivo determinado con la clase de materiales que se desea analizar y las características de la geometría del producto para ver si son compatibles o no.

Procesos		Maderas				Geometría											
		Blandas	Semiblandas	Semiduras	Duras	Depresiones unidireccionales	Depresiones multidireccionales	Ovalados pequeños	Secciones uniformes	Cuerpos de revolución	Superficies planas	Curvaturas en líneas	Ovalados en líneas	Sup perpendiculares	Formas tubulares	Formas huecas delgadas	Formas complejas con ángulos agudos
	Aserrado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Utilizado con menos frecuencia	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado
	Cepillado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Utilizado con menos frecuencia	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado
	Torneado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Taladrado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Fresado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Tallado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	Utilizado con menos frecuencia	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Curvado por método de ranuras	No utilizado	Utilizado con menos frecuencia	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado
	Curvado por laminación	No utilizado	Utilizado con menos frecuencia	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado
	Curvado por calentamiento	No utilizado	Utilizado con menos frecuencia	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado	No utilizado

FIGURA 12

Compatibilidad entre proceso productivo la clase de materiales características de la geometría del producto
Elaboración propia







Procesos		Plásticos			Geometría											
		Termoplásticos	Termoestables	Elastómeros	Depreciones unidireccionales	Depreciones multidireccionales	Oquedades pequeñas	Secciones uniformes	Cuerpos de revolución	Superficies planas	Curvaturas en láminas	Oquedades en láminas	Sup perpendiculares	Formas tubulares	Formas huecas delgadas	Formas complejas con ángulos agudos
	Rotomoldeo	Comúnmente utilizado	Utilizado con menos frecuencia	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Moldeo por inyección	Comúnmente utilizado	Utilizado con menos frecuencia	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Moldeo por inmersión	Utilizado con menos frecuencia	No utilizado	Comúnmente utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Soplado	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Extrusión	Comúnmente utilizado	Comúnmente utilizado	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Prensado	Comúnmente utilizado	No utilizado	No utilizado	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

FIGURA 13

Compatibilidad entre proceso productivo la clase de materiales características de la geometría del producto
Elaboración propia

Procesos		Metales										Geometría													
		Fundición de Hierro	Aceros al Carbono	Aleaciones de Acero	Acero Inoxidable	Aluminio y aleaciones	Cobre y aleaciones	Zinc y aleaciones	Magnesio y aleaciones	Titanio y aleaciones	Níquel y aleaciones	Metales refractarios	Deposiciones unidireccionales	Deposiciones multidireccionales	Geometrías pequeñas	Secciones uniformes	Cuerpos de revolución	Superficies planas	Curvaturas en líneas	Geometrías en líneas	Sup. perpendiculares	Formas tubulares	Formas huecas delgadas	Formas complejas	Formas con ángulos agudos
	Moldeo en arena	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	Moldeo a la cera perdida	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Moldeo en coquilla	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Extrusión por impacto	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Forja en matriz abierta	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Forja con matriz cerrada (estampado en caliente)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Extrusión en caliente	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Laminado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Laminado de tubos y estirado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Repujado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Rolado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Sinterizado (Metalurgia de polvos)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Armaque de Viruta	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Mecanizado Electroquímico	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Electroerosión por electrodo de forma	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Electroerosión por hilo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	
	Trabajo de la Chapa	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	

FIGURA 14

Compatibilidad entre proceso productivo la clase de materiales características de la geometría del producto
Elaboración propia

Peña, S. L. (2018). *Modelo para la caracterización de a profesión de Diseño en el contexto social y productivo de Cuba*. Disertación doctoral no publicada, Instituto Superior de Diseño de la Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México: Mc Graw Hill.

Villamizar, L. A. (2017). El proceso de Diseño apoyado con estrategias para selección de Materiales y Procesos. *I+D Revista de Investigaciones*, 28-38.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://lisandroingmec.files.wordpress.com/2013/08/seleccion-de-materiales-y-procesos.pdf&ved=2ahUKEwjC1Y2v0JvnAhUIr1kKHQ_CBQEQFjABegQIAxAB&usq=AOvVaw25BzX_MhttrsNAZ7JTRF8z

<https://www.clarehall.cam.ac.uk/our-people/professor-michael-f-ashby>

<https://imm-aida-guerrero.blogspot.com/p/metodos-de-seleccion.html>

<http://metodologiadetalle.blogspot.com/p/seleccion-de-materiales.html>

<https://es.slideshare.net/EnaUcles1/criterio-de-seleccion-de-los-materiales>

<https://sites.google.com/site/materialespormiguelmurciego/home/seleccion-de-materiales-para-una-aplicacion-determinada>