

2ª edición
edición académica

Selección de Materiales en el Proceso de Diseño

Manual técnico sobre la naturaleza de la materia,
plásticos, metales, cerámicas, compuestos,
materiales adaptativos, fibra óptica y materiales
para rapid manufacturing.

JAVIER PEÑA ANDRÉS

BARCELONA, ENERO DE 2016



CRÉDITOS:

**SELECCIÓN DE MATERIALES
EN EL PROCESO DE DISEÑO**

1ª edición: junio 2009. Reimpresión: septiembre 2014.

2ª edición: enero 2016 “*edición académica*”

AUTOR Y EDITOR DE CONTENIDOS

© JAVIER PEÑA ANDRÉS, 2016

PROLOGO

F.JAVIER GIL MUR

CON LA COLABORACIÓN EN EL PRIMERA PARTE

© J. F. LÓPEZ AGUILAR

CON LA COLABORACIÓN EN EL OCTAVA PARTE

© KXdesigners

Colección EdCPG

EDITA:

© Ediciones CPG, 2016

ISBN-10: 84-931329-8-5

ISBN-13: 978-84-931329-8-9

Depósito legal: B-33592-08

Ediciones CPG productos editoriales, s.l.

Alcalde de Móstoles, 46-48

08025 BARCELONA

libros@edicionescpg.es

Impreso en BARCELONA

La reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento reprográfico, tratamiento informático, web o redes sociales, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler o préstamo para la formación, quedan prohibidas sin la autorización por escrito del editor y estarán sometidas a las sanciones establecidas por la ley.

<http://www.cedro.org/>

ÍNDICE

Prólogo	11
Agradecimientos	15
Introducción	17
1. Materia y naturaleza	23
1.1. Introducción.	
1.2. Relación antropos-natura.	
1.3. Los materiales del principio al fin y vuelta al principio.	
1.4. La nanotecnología.	
1.5. Conclusiones.	
2. Los polímeros	37
2.1. Introducción.	
2.2. La estructura de los polímeros.	
2.3. Clasificación de los materiales plásticos.	
2.4. Comportamiento de un polímero (una visión culinaria).	
2.5. Procesos de fabricación: aplicaciones y formatos.	
2.6. Plásticos.	
2.7. Descriptiva: una panorámica de los polímeros.	
2.8. Anexo.	
3. La cerámica	119
3.1. Introducción.	
3.2. Los materiales cerámicos.	
3.3. Cerámicas tradicionales.	
3.4. Cerámicas de altas prestaciones.	
3.5. Vidrios.	
3.6. El procesado de los materiales cerámicos.	

4. Materiales metálicos	151
4.1. Introducción.	
4.2. Clasificación de los metales.	
4.3. Los materiales férreos.	
4.4. Metales no férricos.	
5. Materiales compuestos	211
5.1. Introducción.	
5.2. Historia y antecedentes.	
5.3. Clasificación.	
5.4. Componentes.	
5.5. Procesos.	
6. Materiales adaptativos	239
6.1. Introducción.	
6.2. Clasificación descriptiva de materiales.	
6.3. Materiales con memoria de forma.	
6.4. Materiales electro y magnetoactivos.	
6.5. Materiales fotoactivos.	
6.6. Materiales cromoactivos.	
7. La fibra óptica	261
7.1. Introducción.	
7.2. Historia.	
7.3. Algunos apuntes acerca de la naturaleza de la luz y las iluminarias.	
7.4. Fibra óptica para iluminación.	
7.5. Material necesario para iluminación por fibra óptica.	
7.6. Pérdidas lumínicas.	
7.7. Aplicaciones.	

8. Materiales para rapid manufacturing (RM)	277
8.1. Introducción.	
8.2. Materiales para procesos RM.	
8.3. Limitaciones y ventajas.	
8.4. Clasificación de los metales según sistema RM.	
8.5. Propiedades de los materiales RM.	
8.6. Aplicaciones materiales RM.	
8.7. Post producción.	
8.8. Sostenibilidad en materiales RM.	
9. Glosario + materiales	291

PRÓLOGO

Los primeros vestigios de la humanidad lo constituyen sus herramientas. La clasificación de los periodos (pre)históricos se ha basado en los materiales con los que habían sido fabricadas dichas herramientas. El mejor conocimiento y explotación de la energía fue el principal logro de todo el siglo XIX y parte del XX. La transmisión de energía a distancia o la autonomía de una amplia variedad de propulsores, revolucionaron la producción de bienes y equipos; sin embargo, la etapa limitante para la mayor eficacia en el aprovechamiento de la energía así como para el mayor rendimiento de los motores radicaba en las mejores y más avanzadas propiedades de los materiales. Pero, para entender la naturaleza de dichas propiedades al nivel requerido, con objeto de controlar y predecir las propiedades de los materiales que demandaba la sociedad, era necesario un conocimiento profundo de la estructura.

Los conocimientos revelados por la Física Cuántica a comienzos del siglo XX incrementaron considerablemente nuestra comprensión de las interconexiones entre estructura y propiedades de la materia. En los decenios siguientes, el análisis y la elaboración de los materiales se enriquecieron con la incorporación de conocimientos científicos más fundamentales de la Física de la Materia Condensada, Química de Estado Sólido, Química de Sintéticos y Metalurgia, junto con experiencia en ingeniería y fabricación e investigación y desarrollo (I+D) industrial en laboratorio, lo que permitió utilizar materiales avanzados en la producción de energía, la electrónica y los programas espaciales, entre muchos otros ámbitos.

La aparición de microscopios electrónicos con elevado poder de resolución permitió a los científicos estudiar a fondo las estructuras de los materiales; el aumento exponencial de las capacidades informáticas, gracias a la utilización de supercomputadores de alta velocidad, permitió a los científicos desarrollar modelos matemáticos del comportamiento físico, químico y mecánico, extremadamente complejo, de los materiales monolíticos y compuestos. Mediante instrumentos perfeccionados asistidos por computadora, modelos matemáticos y técnicas experimentales, los expertos en materiales comienzan a proponer una caracterización cuantitativa de las microestructuras, es decir, se puede describir cómo

evoluciona la estructura de un material durante su elaboración y su relación con las propiedades resultantes. En la década de los sesenta, en Estados Unidos se comienza a hablar de "Nuevos Materiales", término que fue aceptado internacionalmente. Pretende dotar a la industria de materiales que no sólo ofrezcan nuevos productos sino mejorar los procesos de fabricación de los ya existentes, abaratar costes y conseguir mejoras en el control de calidad, entre los objetivos más importantes. Es por esto, que se ha dicho en muchas ocasiones que "nuevos materiales" no significa "materiales nuevos"; los materiales no son un producto final en sí mismos, sino que forman partes de componentes que sí funcionan correctamente, aseguran las mejores prestaciones en sistemas de gran complejidad como aviones, sistemas electrónicos o automóviles.

El progreso de la investigación fundamental ha inspirado nuevas ideas para las aplicaciones que han conducido a nuevos avances y han proporcionado herramientas como los sincrotrones, fuentes de neutrones, microscopía electrónica de efecto túnel, campos magnéticos elevados o grandes superconductores para poder realizar nueva investigación fundamental. De esta manera se genera un proceso de realimentación que tiene unas implicaciones cada vez mayores. Estos avances en la ciencia no son producto de la casualidad o de una genialidad aislada; para llegar a estos niveles ha habido un esfuerzo muy intenso de la comunidad científica en la determinación, análisis y el entendimiento de las propiedades de los materiales (mecánicas, eléctricas, magnéticas, térmicas, ópticas...), así como de las diferentes naturalezas de la materia y de sus estructuras (vidrios, cristales semiconductores, metales, polímeros, compuestos, cerámicos...).

En los decenios sesenta y setenta se difundieron importantes nuevos materiales que podían considerarse avanzados, siendo en la década de los ochenta cuando se produce un control de la estructura y de las propiedades de la materia. Este hecho marca una ruptura estructural en la forma de desarrollar y utilizar los materiales a nivel industrial. Se obtiene una capacidad en permanente desarrollo de los científicos en materiales para intervenir a niveles electrónico, atómico, molecular y microestructural, efectuar caracterizaciones cuantitativas, modelar y predecir y controlar la evolución de la microestructura durante el proceso de elaboración, y manipular e incrementar propiedades que permitan desarrollar las aplicaciones industriales y militares deseadas.

En la actualidad, la informática y las telecomunicaciones son los pilares de la nueva era de la Información; no podemos olvidar que el tratamiento, transmisión y almacenamiento de la información no sería posible sin el concurso de los nuevos materiales. A modo de ejemplo, podemos citar las fibras ópticas y los láseres en estado sólido para las comunicaciones ópticas; los semiconductores y los soportes

magnéticos para la informática; y las superaleaciones, los compuestos carbono-carbono y el teflón para las comunicaciones vía satélite. De hecho, las propiedades de los materiales a menudo constituyen el factor limitante en el desarrollo de una determinada tecnología.

Ahora oímos hablar de materiales avanzados como polímeros, metales, cerámicas o compuestos que ofrecen mejores propiedades para una determinada aplicación que las de los materiales tradicionales. Por ejemplo, una relación resistencia-densidad mayor, mejor resistencia al calor, mejora de las propiedades térmicas, eléctricas u ópticas. Los materiales avanzados, que constituyen muchas tecnologías en ciernes, permiten realizar economías en el consumo total de energía, ofrecen un mejor rendimiento a un costo razonable y son menos dependientes de la importación de recursos minerales estratégicos y de importancia crítica.

Como vemos, los avances tecnológicos necesitan del avance de los materiales; por ello es necesario que los profesionales que necesiten materiales para ejercer su profesión, conozcan bien las ventajas y las limitaciones de los diferentes tipos. Esta necesidad es la que intenta cubrir el libro "Selección de Materiales en el Proceso de Diseño", donde los profesionales podrán descubrir las capacidades de los diferentes materiales que les permitirán seleccionar aquel que más se adecue a las necesidades.

Se exponen los conceptos y las características de cada uno de ellos de manera sencilla para que pueda ser comprendida por los profesionales ajenos a la Ciencia y Tecnología de Materiales. Este libro evita complicadas ecuaciones y demostraciones así como resume los conocimientos físicos y químicos básicos que expliquen los comportamientos para su fácil comprensión. Es un libro que actúa de manual descriptor de los diferentes materiales, desde los más clásicos, como la piedra o el acero, a los más modernos materiales inteligentes sensibles a cambiar de propiedades con la luz o la temperatura, o los multifuncionales o adaptativos.

Esta obra se origina por la necesidad de muchos profesionales (arquitectos, diseñadores, constructores de diferentes bienes...) de conocer el universo de los materiales para escoger el más adecuado a sus necesidades y/o aprovechar las propiedades de los materiales para mejorar su prestación.

Hay que agradecer a Javier Peña el esfuerzo que ha dedicado a la confección de este libro, que contiene la experiencia fruto de mucho estudio, de muchas horas de clase impartidas a estudiantes de diseño,

de horas con muchos profesionales que necesitaban asesoramiento de materiales y de muchos proyectos dirigidos. Tengo que decir, como amigo y como director de su Tesis Doctoral, que no he visto a nadie tan enamorado de los materiales, con un entusiasmo desbordante y contagioso en su labor docente e investigadora en este campo. Su tenacidad en el trabajo y su generosidad para compartir sus conocimientos hacen que este libro pueda salir a la luz.

Gracias Margarita porque también tu generosidad es participe de la realización de este libro.

Por último, quiero agradecerte en mi nombre y en el de todos tus compañeros del equipo de investigación que desde hace tantos años estamos juntos, tu compañerismo, tu dedicación y tu ejemplo profesional.

F.JAVIER GIL MUR

Catedrático de Universidad. Ciencia de Materiales.

Vicerrector de Investigación e Innovación.

Universidad Politécnica de Cataluña.

AGRADECIMIENTOS

Complicado, pero *bonito*. Bonito, pues es el momento de volver atrás y recordar los inicios de este libro, ya hace varios años, cuando tuve el privilegio de dirigir un curso “los cursos del museo” de nuevos materiales en el Museo de la Ciencia de Barcelona. Privilegio fue dirigirlo, y honor fue contar con un auditorio dispar entregado a los materiales formado por estudiantes, algunos ya exalumnos que habían asistido a mis clases de materiales en la Escuela Elisava, profesionales entre los que recuerdo a un cirujano cardiovascular y jubilados que se emocionaban con los materiales con memoria de forma, entre ellos, uno que me hizo casi prometer que ese curso se debía publicar. *Complicado*, pues me gustaría poder regalarle a este señor un libro, agradeciéndole su ánimo para comenzar lo que ahora he acabado, pero ¿dónde se ha quedado el contacto de este señor al que no volví a ver?

Gracias a él y a todas aquellas personas, compañeros de trabajo y amigos que estuvieron en algún momento. Momento seguro que importante, pues “el grano no hace granero pero ayuda al compañero”. De igual manera quiero dar las gracias a Rebeca Mudarra y Conrado Aparicio por su gran ayuda en los siempre difíciles momentos iniciales, y a Rafael Pozo, por su entusiasmo y vitalidad tanto en los inicios del proyecto como en el final del mismo.

Me gustaría agradecer a las dos Universidades en las que imparto docencia y realizo investigación en materiales con memoria de forma: la Escuela Superior de Diseño Elisava, Univeristat Pompeu Fabra (UPF) y la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Gracias a todos mis alumnos y exalumnos por todo lo que me han enseñado, pues ellos son los verdaderos artífices de este libro. Sus preguntas, iniciativas, trabajos y generosidad lo han hecho posible. Si no fuese profesor no disfrutaría tanto con los materiales, y sin disfrutar hubiera sido imposible ni siquiera pensar en este libro.

Gracias al proyecto Mater del FAD y a todo su equipo, con el que he disfrutado, aprendido y tomado la fuerza necesaria para acabar este libro.

Quiero agradecer también a la vez que pedir disculpas a todas aquellas personas que han escrito acerca de los materiales. Es difícil escribir un libro de tantos tipos de materiales. He recopilado mucha información ya escrita. Disculpas a todos por hacerla mía en este libro. Es para hacerla de todos.

Agradezco una vez más a Javier Gil por todo y a todo el grupo de investigación del cual es un placer formar parte. Es la fuente de energía para la docencia, es la manera de estar vivo y cerca de los materiales.

Quiero agradecer a José Fernando López Aguilar y a Elisa Novau su amistad y ayuda inestimable para cerrar este libro. Fueron alumnos con los que disfruté con la docencia. Formaron parte del equipo de Mater que tuve la suerte de dirigir y con los que hoy y mañana también espero seguir trabajando.

Agradezco a Xavi y Katia de KXdesigners su participación en el libro en el capítulo octavo de *rapid manufacturing*. A Bluestar silicones, a José Arrondo de Eurofibroptic y a Víctor Fabregat por su ayuda en la definición de los temas relativos a las siliconas, a la fibra óptica y a las fibras sintéticas respectivamente. A Toni González y Joaquín Matutano por su amistad y su ayuda en el tema de plásticos y cerámicas respectivamente. A Óscar Pérez, Francesc Levrero, Lara Álvarez, José Luis Junquera, Raffaella Perrone, Sergi Bueno, Carles Marzabal, Valérie Bergeron, Nuria Coll, Heura Ventura... por sus comentarios siempre acertados, referidos a los diferentes capítulos de este libro.

Los últimos agradecimientos son para Margarita, Alejandro y Marco. A ellos, cómo no, gracias por su día a día, por su ayuda, paciencia y comprensión. Ellos han puesto con su generosidad el tiempo que no había, el cariño que se necesitaba y la luz en los momentos de oscuridad. Más no se puede pedir.

Gracias por todo.

JAVIER PEÑA ANDRÉS

INTRODUCCIÓN

¿Los materiales son el origen y base del mundo en el que vivimos?

Desde el primer átomo (el más sencillo: el de H) hasta nuestros días, el mundo se ha construido a sí mismo a través de cientos de miles de combinaciones de estos átomos. Hace aproximadamente 150 años el señor Dimitri Mendeleiev enunció la tabla periódica de los elementos como base de trabajo para la comprensión de estos cientos de miles de combinaciones. A partir de ellas se originaron los seres vivos y entre todos conformaron el mundo que, en estos momentos, uno de estos seres vivos, el *Homo sapiens* llama su mundo.

Los materiales han sido a lo largo de la historia el germen del desarrollo tecnológico. Desde la edad de piedra, pasando por la de los metales hasta nuestros tiempos, los materiales son y han sido objeto de deseo y fuente de innovación. Hemos sobrevivido a la escala macro: la belleza de la cerámica, el calor de la madera y el poder de los metales preciosos, diamante y otros que aun hoy controlan nuestras economías bajo el nombre de materias primas. Nos hemos ordenado con la escala micro y el silicio, ese material de los microchips, ordenadores y todo tipo de dispositivos electrónicos, que hoy es además la base para el funcionamiento de las placas solares, “las de la energía verde”. Vivimos el presente de las nanociencias y nanotecnologías. En un nanómetro caben entre 3 y 5 átomos. Aquello que forma los aceros, los plásticos, los virus, los hongos o a nosotros mismos es esencialmente lo mismo: los átomos. La diferencia entre uno y otro está en la unión, en el ensamblaje entre átomos, moléculas, cadenas y estructuras diversas. Este es el reto de hoy. Intentamos domesticar átomos y moléculas que sepan como autoensamblarse, entre muchas otras cosas, y de esta manera puedan generar materiales a la carta bajo nuestras órdenes. Esto nos acerca a la naturaleza y a la perfección de los materiales que ella genera. Materiales como el hueso, el cartílago, la seda o la madera entre otros muchos. Lo llamamos biomimética.

Los materiales comienzan a sentir, ya no son unos desconocidos o rudos materiales donde sólo importa que trabajen, que aguanten cargas elevadas, que sean rígidos, que permanezcan inalterables con el tiempo, que no les afecte el entorno, que soporten el frío y el calor sin inmutarse. Hoy los materiales aportan dinamismo al desarrollo de nuestra sociedad,

hoy los materiales están vivos. Se adaptan al entorno, se biodegradan, por eso muchos plásticos ya no salen del petróleo, salen, por ejemplo, de la patata y se biodegradan igual que ella. Sería bonito que todos los productos de plástico que hoy tiramos al contenedor amarillo fuesen abono para nuestros campos. Hoy los materiales se convierten en puras máquinas y puros mecanismos que son puros materiales. Antes las estructuras se unían con tornillos, mediante soldadura... Hoy en la estación orbital internacional, en la Luna, muchas estructuras se unen con materiales con memoria de forma, materiales a los que se les puede adiestrar, materiales que tienen memoria y cambian de forma con la temperatura.

En la Tierra este mismo material se utiliza, entre otras cosas, como aro de ortodoncia para corregir las piezas dentales, sin necesidad de que el dentista cada cierto tiempo nos vaya apretando un tornillo para que el material haga fuerza, como sucedía con los aros de acero inoxidable (éste ya sabe lo que tiene que hacer el solito), él es el mecanismo.

Los semiconductores, fundamentales en el desarrollo de la electrónica (pilar esencial en nuestra *electrosociedad*), dan lugar a la apertura de importantísimos campos de investigación, como la fotónica. Los materiales magnéticos son fundamentales en los sistemas de almacenamiento de datos (hoy los discos duros ya son de terabytes y las memorias RAM mes a mes se van ampliando), en los nuevos equipos de diagnóstico médico, como los equipos de resonancia magnética nuclear, en el transporte eficiente de energía y en nuevos sistemas de transporte ferroviario mediante levitación. ¡Cuántos problemas energéticos se solucionarían si estos materiales fuesen superconductores a temperatura ambiente! (se trabaja en ello). Hablando de energía, los materiales protagonistas son los que aprovechan el Hidrógeno como combustible y los que permiten hacer grandes molinos de viento, materiales compuestos y placas solares más eficientes, semiconductores, y algún día permitan la fusión nuclear, materiales de alta temperatura y superconductores. Los metamateriales nos harán invisibles cualquier día de estos. Hoy de momento se utilizan para hacer invisibles a algunos aviones al radar. Los materiales moleculares son la nueva visión de la Ciencia y Tecnología de los materiales.

Conceptos como nanoelectrónica, nanomagnetismo y autoensamblaje nos hacen intuir un futuro donde el límite entre los procesos tecnológicos y los biológicos quedará difuminado; donde la linde entre lo vivo y lo no vivo sea una mera nomenclatura. Seguimos imitando a la naturaleza.

Ante este panorama y entendiendo que los materiales nombrados en este artículo son unos poquitos de todos los que conviven con nosotros, podríamos afirmar que en los últimos años se han inventado más productos que en toda la historia. Que ante una nueva necesidad nace un nuevo material.

Que las aplicaciones de los materiales se extienden a todos los productos relacionados con el uso y consumo del conjunto de la sociedad. Podemos entonces entender que la tecnología de los materiales está considerada, en el contexto del desarrollo y competitividad industrial a nivel internacional, como una de las tres tecnologías básicas o clave (*key technology*) que aseguran y garantizan la adecuada sostenibilidad en el citado desarrollo industrial, juntamente con la energía y las tecnologías de la información y comunicaciones.

Queda patente, ante este panorama que diseñadores, arquitectos, ingenieros, cocineros... son agentes necesarios en la creación de los nuevos materiales. Son, además, agentes destacados en esta generación de nuevos materiales, ya que se acercan al material desde la necesidad real, desde su futura aplicación y muchas veces desde la subjetividad de los sentidos. El taller, la empresa o el laboratorio son los que verán nacer este material.

Me reitero en la afirmación: los materiales son de todos y todos los podemos crear. Hablar de agentes necesarios implica hablar de trabajo multidisciplinar, de trabajo en equipo, de buscar sinergias como siempre ha hecho nuestra maestra Mater Natura: "la naturaleza, siempre que una presión genética ha empujado hacia la ligereza y la resistencia mecánica, ha dado lugar a soluciones técnicas complejas. Nos ha brindado con materiales compuestos".

Definimos de una manera sencilla material compuesto como:

- Aquel que está fabricado artificialmente.
- Aquel que está formado por dos o más fases o constituyentes física o químicamente diferentes, insolubles entre sí y separadas por una interfase.
- Aquel que tiene propiedades superiores a las de sus componentes por separado. El famoso y tecnológico material de fibra de carbono con resina epoxi que se utiliza en aeronáutica, en la F-1 y también en la construcción no es nada más que uno de los casi infinitos materiales compuestos que existen en potencia y que poco a poco, con el conocimiento de todos, iremos creando o redescubriendo. Es cuestión de mezclar con gusto y después saborear el resultado con criterio. Juntar madera con metacrilato nos hace un material compuesto tan interesante y diferente a la vez como el material que obtenemos al mezclar el hormigón con el acero para generar el hormigón armado. Útiles ambos en la construcción.

Hemos vivido la fiebre del oro, la del petróleo y la de muchos otros materiales que el hombre ha utilizado para conseguir poder sobre un vecino, sobre otra nación o en última instancia sobre la naturaleza misma. El reto de los materiales y la sociedad del presente es otro bien distinto. Es la búsqueda del equilibrio natural, el diseño de la cuna a la cuna, la pura sostenibilidad. Este libro que nos ocupa pretende ser una herramienta de selección de materiales en el proceso de diseño y desarrollo de producto. Un primer capítulo, titulado materia y naturaleza, nos introduce en el origen de los materiales y en la relación básica y fundamental (no se me ocurren ahora otras palabras más fuertes) que éstos tienen con la naturaleza, de hecho son naturaleza. Nuestro reto es llegar a hacer materiales como los hace la naturaleza, pero en un espacio más corto de tiempo.

A partir del segundo capítulo el libro se centra en la descriptiva de materiales, comenzando con los materiales poliméricos. En este capítulo se describen los tipos básicos de materiales poliméricos desde diferentes puntos de vista, como son su procesabilidad, su comportamiento mecánico, su comportamiento térmico o sus aplicaciones. Cauchos termoestables, elastómeros termoplásticos, resinas termoestables y polímeros termoplásticos quedan caracterizados a través de sus usos o sus propiedades en este capítulo.

El capítulo 2 cierra su primera parte hablando del reciclaje de estos materiales y de la importancia que hoy en día tiene este concepto emergente que es el diseño de la cuna a la cuna. Finalmente, un anexo que habla de fibras, espumas y materiales biodegradables nos sirve para complementar esta visión general del mundo de los materiales poliméricos y sus diferentes morfologías de uso.

En el tercer capítulo, se presentan las cerámicas y los vidrios. A las cerámicas se las presenta divididas en dos tipos: tradicionales y de ingeniería. A los vidrios se les presenta en función de su composición y aplicaciones. Las cerámicas tradicionales quedan descritas desde las materias primas que las forman hasta los productos que desde el mundo de la arquitectura (sobre todo) se están utilizando. Las cerámicas técnicas nos muestran hasta dónde podemos llegar con este material excelente en todo menos en su resistencia al impacto; se rompe. Los vidrios se explican partiendo de los óxidos que los forman, pasando por sus características de uso y acabando con los campos de aplicación.

En el cuarto capítulo, el de los metales de siempre, se presenta todo de una manera muy descriptiva, con muchas tablas de selección y haciendo siempre referencia a las normas básicas que hoy día se utilizan para designar de una manera estructurada a estos materiales. En la parte de aleaciones ligeras, además se incluye una pequeña explicación acerca de los procesos y peculiaridades de las mismas que se utilizan en la conformación de diferentes piezas, por ser estos materiales en estos

momentos, materiales con una potencialidad renovada entre los materiales metálicos.

En el quinto capítulo, los materiales compuestos son los protagonistas. Descritos en base a sus componentes, se centra el capítulo en los compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras de vidrio, de carbón o de aramida. El uso de estos materiales y su selección podríamos decir que es la menos estandarizada de todas, por ser estos los materiales de diseño por excelencia. Si hoy día tenemos claro que no sólo los productos se diseñan sino que también se diseñan los materiales, los materiales compuestos son los materiales del diseño a la carta. Por este motivo es difícil presentar tablas de selección en base a características concretas, sino que lo que se presentan son tablas que muestran las posibilidades potenciales que ofrecen estos materiales. Acaba el capítulo con una descripción de los procesos básicos de conformación de este tipo de materiales.

El sexto capítulo desarrolla una descripción de los materiales que han tenido varios nombres, como materiales inteligentes, activos o adaptativos en un corto espacio de tiempo.

El séptimo capítulo realiza una aproximación al conocimiento de la fibra óptica y sus aplicaciones.

El octavo capítulo bien podría haber llevado por título *Impresión tridimensional*. En él se presentan los materiales que en estos momentos se utilizan para fabricar productos mediante las diferentes técnicas de fabricación aditiva, que también son presentadas. Es un guiño a lo que nos espera. Una nueva manera de entender los procesos de fabricación, una nueva manera de conceptualizar productos sin limitaciones, un papel más para los materiales, protagonistas de este futuro que nos espera.

Finalmente, el libro concluye con un amplio glosario + materiales. En definitiva, un acercamiento más a nuestra maestra Mater Natura.

JAVIER PEÑA ANDRÉS