

## CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

### DEFINICIÓN Y ALCANCES

Probablemente, la importancia de los materiales en nuestra cultura es mayor que lo que habitualmente se cree. Prácticamente cada segmento de nuestra vida cotidiana está influido en mayor o menor grado por los materiales, como por ejemplo, transporte, vivienda, vestimenta, comunicación, recreación y alimentación.

El desarrollo de las civilizaciones ha estado ligado a los materiales adoptados y adaptados por el hombre a través de los siglos para fabricar objetos.

La selección, modificación y elaboración de los materiales constituyen elementos fundamentales de la cultura humana, de tal modo que es común denominar las etapas de la evolución de la historia de la humanidad con los materiales que los hombres fueron capaces de incorporar a sus tecnologías: Edad de Piedra, del Cobre, del Bronce, del Hierro, etc.

Cuando en tiempos remotos los seres humanos descubrieron que un trozo de arcilla moldeado podía endurecerse al fuego para convertirse en un recipiente útil, realizaron una primera transformación de un material inorgánico natural en otro con propiedades nuevas y éste fue el principio de la Ingeniería de los Materiales. Los cerámicos se consideran los materiales más antiguos elaborados por el hombre.

Cuando los filósofos griegos especulaban con la posibilidad de que la materia estuviese constituida por partículas fundamentales diminutas e indivisibles llamadas átomos fue el principio de la Ciencia de Materiales.

Hasta épocas relativamente recientes, la Ingeniería y Ciencia de los Materiales permanecieron separadas por un ancho abismo. Pese a que la elaboración artesanal y la tecnología progresaban rápidamente, los esfuerzos que los científicos realizaban con el fin de desentrañar la naturaleza de los materiales no iban más allá de la simple especulación.

Recién en el Siglo XIX la Química y la Física pudieron empezar a brindar el apoyo del cálculo y las teorías modernas a los problemas, en su mayor parte empírico, con que se encontraban artesanos e ingenieros. A lo largo de los últimos 50 años, la colaboración se ha ido estrechando gracias al desarrollo de teorías más profundas sumadas a la moderna instrumentación y han convertido a la Ciencia e Investigación en fuerzas de arrastre de los resultados registrados en la ingeniería.

El advenimiento de las nuevas tecnologías en el campo de la energía nuclear, la electrónica, los vuelos espaciales, la aparición de industrias dedicadas a la producción de sólidos orgánicos sintéticos, etc., impulsó el desarrollo de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

CIENCIA DE LOS MATERIALES: se ocupa de estudiar e intenta relacionar la estructura, propiedades y procesamiento de los Materiales.

INGENIERÍA DE LOS MATERIALES: se ocupa de la aplicación de estos conocimientos fundamentales con el objeto de obtener productos útiles para la sociedad, mediante el diseño o proyecto de la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades.

Cuando hablamos de "estructuras", resulta un término confuso que requiere de alguna explicación. Normalmente la estructura de un material se relaciona con la disposición de sus componentes internos. La estructura subatómica implica a los electrones dentro de los átomos individuales y a las interacciones con su núcleo. A nivel atómico, la estructura se refiere a la organización de átomos o moléculas entre sí. El próximo gran dominio estructural, que contiene grandes grupos de átomos entrelazados entre sí, se denomina "microscópico" y significa que se puede observar usando algún

tipo de microscopio. Finalmente, los elementos estructurales susceptibles de apreciarse a simple vista se denominan “macroscópicos”.

La noción de “propiedad” también necesita de cierta elaboración, ya que un material en servicio está expuesto a estímulos externos que provocan algún tipo de respuesta, por ejemplo, una muestra sometida a esfuerzos experimenta deformación; o un metal pulido refleja la luz.

Las propiedades de un material se expresan en términos del tipo y magnitud de la respuesta a un estímulo específico impuesto. Las definiciones de las propiedades suelen ser independientes de las formas y del tamaño del material.

Todas las propiedades importantes de los materiales sólidos se agrupan en seis categorías: mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas, ópticas y químicas. Para cada categoría existe un tipo característico de estímulo capaz de provocar respuestas diferentes.

Las propiedades mecánicas relacionan la deformación con la carga o fuerza aplicada; ejemplos de ellas son el módulo elástico y la resistencia. En las propiedades eléctricas, tales como conductividad eléctrica y constante dieléctrica, el estímulo es un campo eléctrico. El comportamiento térmico de los sólidos se representa en función de la capacidad calorífica y de la conductividad térmica.

Las propiedades magnéticas se refieren a la respuesta de un material frente a la influencia de un campo magnético. Para las propiedades ópticas, el estímulo es la radiación electromagnética o lumínica; el índice de refracción y la reflectividad son propiedades ópticas representativas. Finalmente, las propiedades químicas indican la reactividad química de un material.

El progreso vertiginoso, que caracteriza a la vida moderna, exige hoy una adecuación rápida y constante de los materiales; nuevas propiedades surgidas de la reunión de otras tradicionales han dado origen a los actuales materiales.

Nuevos materiales o nuevas combinaciones capaces de sustituir los materiales tradicionales o de proporcionar características antes inimaginables aparecen cada día: aleaciones metálicas ligeras, cerámicas de alta tecnología para generación de energía, polímeros tenaces para sustitución de metales, compuestos avanzados para aplicaciones espaciales, semiconductores para aparatos electrónicos de complejidad creciente, biomateriales, superconductores no metálicos con temperaturas de funcionamiento cada vez mayores; materiales aptos para ser reciclados y reutilizados a fin de no destruir el equilibrio ecológico. Estos acontecimientos han conmovido la estructura económica y aún social del mundo. Los avances en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales han estimulado el crecimiento de muchos sectores de la economía. Los nuevos materiales y procesos, además de satisfacer las necesidades de las industrias existentes, crean nuevas tecnologías y abren a la sociedad caminos insospechados para afrontar el problema de la escasez de los recursos y los relativos al sostenimiento del crecimiento económico.

La productividad y la estructura de las fuerzas de trabajo han quedado también profundamente afectadas en este campo. Para los responsables de la industria, las finanzas y la política, la definición y puesta en práctica de estrategias que aprovechen las oportunidades creadas por la Ciencia de los Materiales constituye un importante reto.

El surgimiento en los últimos veinte años de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales ha alcanzado niveles tan importantes que los nuevos materiales, junto con la microelectrónica, y la biotecnología han sido considerados como uno de los paradigmas científico-tecnológicos del momento.

## **¿POR QUÉ SE ESTUDIAN LOS MATERIALES?**

Muchos científicos, técnicos o ingenieros, sean mecánicos, civiles, químicos o eléctricos, en alguna ocasión se encontrarán con un problema de diseño en el cual intervengan materiales.

El engranaje de una transmisión, la superestructura de un edificio, el componente de una refinería de petróleo, o el "chip" de un circuito integrado son algunos ejemplos. Por descontado, el ingeniero y el científico de materiales son especialistas totalmente involucrados en la investigación y en el diseño de materiales.

A menudo el problema que se presenta es la elección del material más idóneo de entre los muchos materiales disponibles. Existen varios criterios en los cuales se basa normalmente la decisión final. En primer lugar, deben caracterizarse las condiciones en que el material prestará servicio, y se anotarán las propiedades requeridas por el material para dicho servicio.

En raras ocasiones, un material reúne una combinación ideal de propiedades, por lo que, muchas veces, habrá de reducir una en beneficio de otra. El ejemplo clásico lo constituye la resistencia y la ductilidad<sup>1</sup>; generalmente, un material con alta resistencia tiene ductilidad limitada. En estas circunstancias, habrá que establecer un compromiso razonable entre dos o más propiedades.

La segunda consideración se refiere a la degradación que el material experimenta en servicio. Por ejemplo, las elevadas temperaturas y los ambientes corrosivos disminuyen considerablemente la resistencia mecánica.

Finalmente, la consideración más convincente, es probablemente la más económica. ¿Cuál es el costo del producto acabado?.

Un material puede que reúna un conjunto idóneo de propiedades pero resulte caro. Pero de nuevo se establece un inevitable compromiso. El costo de la pieza acabada también incluye los gastos de los procedimientos de conformación para conseguir la forma final.

Cuanto más familiarizados estén los ingenieros o los científicos con las distintas características y relaciones propiedad-estructura de los materiales, así como con las técnicas de su procesado, mayor será su habilidad y confianza para hacer elecciones sensatas basadas en estos criterios.

## **SELECCIÓN DE MATERIALES**

Anteriormente se respondió a la pregunta: ¿Cuáles son los materiales disponibles?, y luego, se han avanzado algunas ideas acerca de por qué los distintos materiales se comportan como lo hacen. Ahora se plantea una nueva y evidente cuestión: ¿Qué material debe seleccionarse para una determinada aplicación?.

La selección de materiales es la decisión práctica final que debe adoptarse en el proceso de diseño e ingeniería y puede determinar el éxito o el fracaso final del diseño. De hecho, es el proceso de tomar dos decisiones distintas por separado. En primer lugar, es necesario decidir qué tipo general de material es apropiado (metal, cerámico, etc.). En segundo lugar, debe encontrarse el mejor material específico dentro de cada categoría (por ejemplo, ¿es preferible una aleación de magnesio a una de aluminio, o a una de acero?).

A continuación se describe un ejemplo de ambos niveles de toma de decisiones. Además, se verá el proceso de selección de un material alternativo para un diseño dado.

### **COMPETENCIA ENTRE LOS CINCO TIPOS DE MATERIALES**

La elección del tipo de material apropiado es a veces obvia y sencilla. Un dispositivo electrónico de estado sólido requiere un componente semiconductor, y tanto los conductores como los aislantes son inapropiados para esa aplicación. En la mayoría de los casos, sin embargo, la elección es menos evidente. En la figura 1 se muestra la secuencia de elecciones necesarias para realizar una selección final, siendo el metal el tipo de material adecuado para la fabricación de un envase convencional de

---

<sup>1</sup> Ductilidad: capacidad de un material a ser deformado permanentemente sin que ocurra ruptura cuando se aplica una fuerza.

gas comprimido, un recipiente capaz de almacenar gas a altas presiones de hasta 14 MPa durante periodos de tiempo indefinidos.

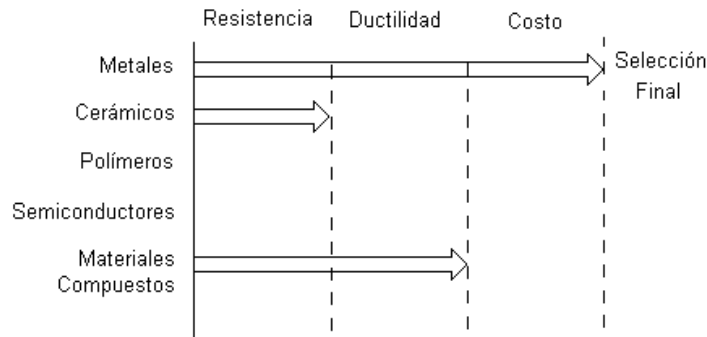


FIGURA 1

Al igual que un metal es un sustituto inadecuado para un semiconductor, los materiales semiconductores no pueden tenerse en cuenta para aplicaciones estructurales corrientes. De los tres tipos de materiales estructurales más comunes (metales, cerámicos y polímeros), los polímeros deberán rechazarse inicialmente debido a su resistencia típicamente baja. Aunque algunos cerámicos estructurales pueden resistir la carga prevista en servicio, en la práctica carecen de la ductilidad necesaria para soportar el manejo a que se verán sometidos. La utilización de un material tan frágil en un recipiente a presión puede ser muy peligrosa. Algunos metales comunes proporcionan la suficiente resistencia y ductilidad, resultando ser excelentes candidatos. Debe indicarse también que muchos materiales compuestos reforzados con fibras pueden satisfacer los requisitos de diseño. Sin embargo, el tercer criterio, el costo, los elimina de la competición. El costo adicional de fabricar esos materiales más sofisticados sólo está justificado cuando se proporciona una ventaja especial. La reducción de peso es una de las ventajas que frecuentemente justifica el costo. Sin embargo, para la botella de gas comprimido, el material que se selecciona en la práctica es el metal.

**SELECCIÓN DE UN MATERIAL ÓPTIMO**

Una vez que se ha reducido la selección a los metales, todavía se tiene una enorme lista de posibles materiales. Incluso haciendo la consideración de que las aleaciones estén comercialmente disponibles y posean un precio moderado, con propiedades mecánicas aceptables, la lista de candidatos puede ser grande.

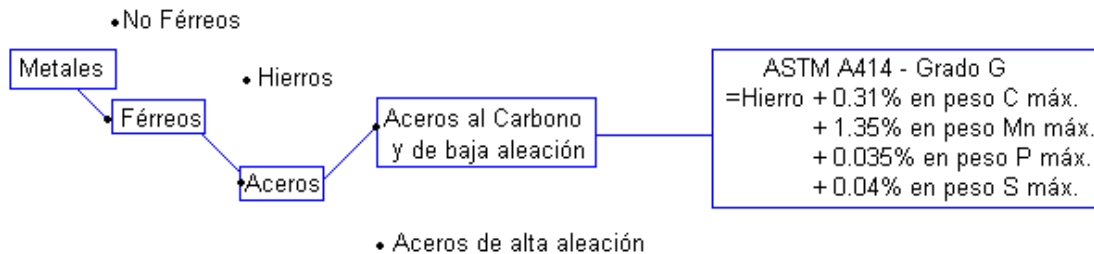


FIGURA 2

En la figura 2 se ilustra el proceso sistemático de selección hasta llegar a una aleación específica (A414-Grado G de ASTM 5), que fuera utilizada en el producto final. Al hacer la elección de la aleación final debe realizarse comparaciones entre las propiedades en cada paso de la trayectoria. Las mejores propiedades mecánicas pueden dominar en la elección de determinadas alternativas en la trayectoria. Pero más a menudo, lo que domina es el costo. Las características mecánicas

generalmente se concentran en una solución de compromiso entre la resistencia del material y su capacidad de deformación.

**SELECCIÓN DEL SUSTITUTO DE UN METAL**

Al seleccionar el material para la botella de gas comprimido, el costo determinó la elección de los metales frente a los materiales compuestos. En muchas aplicaciones aeroespaciales, por otro lado, la reducción de peso puede ser un factor crítico de diseño.

Para recipientes a presión en algunos aviones y cohetes, se ve en la figura 3 un ejemplo más adecuado de la sucesión en la elección de alternativas. La baja densidad, más que el costo, es la que conduce a la selección final. Dentro de la familia de materiales compuestos, la Figura 4 muestra la selección de un material devanado con fibra de aramida. Aunque en este ejemplo tiene mayor importancia la densidad que el costo, la economía continúa siendo un factor a considerar en cualquier diseño ingenieril. La reducción de costos es parte integral del desarrollo actual en los nuevos sistemas de materiales compuestos. Esto es especialmente cierto en la utilización e materiales compuestos avanzados para aplicaciones estructurales más generales.

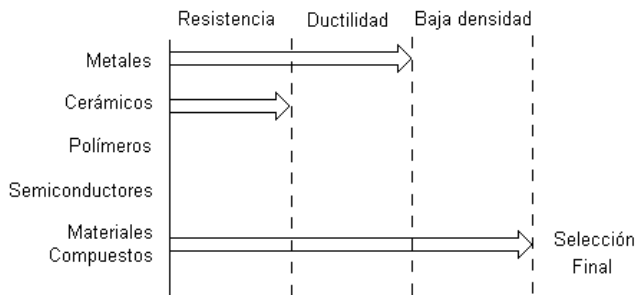


FIGURA 3

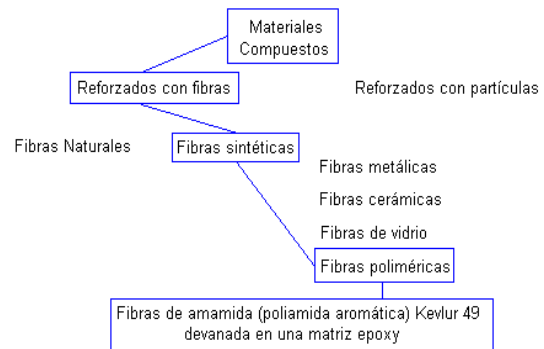


FIGURA 4

**CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES**

Los materiales sólidos se clasifican en tres grupos: metales, cerámicos y polímeros. Este esquema se basa en la composición química de sus propiedades mecánicas, eléctricas y físicas más importantes.

Por lo general, la mayoría de los materiales de ingeniería encajan en un grupo y otro, aunque hay materiales intermedios.

Además, existen otros dos grupos importantes de materiales técnicos; materiales compuestos (composite) y semiconductores.

Los materiales compuestos constan de combinaciones de dos o más materiales diferentes, mientras que los semiconductores se utilizan por sus extraordinarias características eléctricas.

A continuación se describen brevemente los tipos de materiales y sus características más importantes:

**1-Metales**

Normalmente los materiales metálicos son sustancias inorgánicas que están compuestas de uno o más elementos metálicos, pudiendo contener también algunos elementos no metálicos. Ejemplos de elementos metálicos son hierro, cobre, aluminio, níquel y titanio. Elementos no metálicos como carbono, nitrógeno y oxígeno, pueden también estar contenidos en los materiales metálicos. Los metales tienen gran número de electrones y una estructura cristalina en la que los átomos están

dispuestos de manera ordenada. Los metales, en general, conducen perfectamente el calor y la electricidad y son opacos a la luz visible; la superficie metálica pulida tiene apariencia lustrosa. Además, son resistentes, aunque deformables, lo que contribuye a su utilización en aplicaciones estructurales. Muchos metales son relativamente resistentes a temperatura ambiente, y otros mantienen alta resistencia, incluso a elevadas temperaturas.

Una aleación metálica es una combinación de dos o más metales o de un metal y un no-metal.

Los metales y aleaciones se dividen normalmente en dos clases: metales y aleaciones férricas, que contienen un alto porcentaje de hierro, como el acero o los hierros fundidos y metales y aleaciones no-férricas que carecen de hierro o sólo contienen cantidades relativamente pequeñas. Ejemplos de metales no ferrosos son el aluminio, cobre, cinc, titanio y níquel.

Un material "característico" que en general se asocia con la ingeniería es el acero estructural. Este versátil material de construcción posee varias propiedades consideradas como metálicas:

- 1- Alta resistencia y fácil conformado.
- 2- Gran ductilidad o capacidad para experimentar una gran cantidad de deformación permanente.
- 3- La superficie recién cortada muestra un brillo metálico característico.
- 4- Una barra de acero comparte una característica fundamental con otros metales: es una buena conductora de la corriente eléctrica.

Las aleaciones para ingeniería incluyen además de los hierros y los aceros (base hierro), las aleaciones de aluminio, las de magnesio, las de titanio, las de níquel y las de cinc y cobre, incluyendo los latones (aleaciones cobre – cinc) y los bronce (aleaciones cobre – estaño).

## 2- Polímeros

Los polímeros comprenden materiales que van desde los familiares plásticos al caucho. Se trata de compuestos orgánicos, basados en el carbono, hidrógeno y otros elementos no metálicos, caracterizados por largas cadenas de moléculas orgánicas o redes. Estructuralmente la mayoría de los materiales poliméricos no son cristalinos, pero algunos constan de mezclas de regiones cristalinas y no cristalinas. La rigidez y la ductilidad de los materiales poliméricos varían ostensiblemente. Debido a la naturaleza de su estructura interna, la mayoría son malos conductores de la electricidad. Algunos de estos materiales son buenos aislantes, de ahí su aplicación en aislamiento eléctrico.

En general, los materiales poliméricos tienen bajas densidades y temperaturas de fluencia (ablandamiento) o descomposición relativamente bajas.

Muchos polímeros importantes, como el polietileno (moléculas de cadena larga formadas por muchos monómeros etilenos unidos entre sí), son simplemente compuestos de carbono e hidrógeno. Otros contienen oxígeno (acrílicos), nitrógeno (nailons), flúor (plásticos fluorados), o silicio (siliconas).

Como su nombre indica, los plásticos comparten con los metales la propiedad de la ductilidad. A diferencia de los cerámicos frágiles, los polímeros representan frecuentemente alternativas de bajo costo o de baja densidad frente a los metales en aplicaciones estructurales.

Entre las propiedades importantes relacionadas con el enlace químico están la menor resistencia en comparación con la de los metales, y la menor temperatura de fusión y mayor reactividad química que los no metales de la categoría correspondiente a los cerámicos y vidrios. A pesar de sus limitaciones, los polímeros son materiales muy útiles y versátiles. En la pasada década se ha experimentado un progreso en el desarrollo de polímeros para ingeniería, con resistencia y rigidez suficientemente altas como para permitir que sustituyan a ciertos metales tradicionalmente estructurales. Un buen ejemplo es el panel de la carrocería de un automóvil, como en el caso del

guardabarros trasero de un automóvil deportivo, donde se utilizó un polímero (nailon moldeado por inyección) en una aplicación estructural tradicionalmente metálica.

### 3- Cerámicos y vidrios

Los materiales cerámicos son materiales inorgánicos constituidos por elementos metálicos y no metálicos cohesionados químicamente en forma de óxidos, nitruros y carburos, que incluyen minerales de arcilla, cemento y vidrio. Los materiales cerámicos pueden ser cristalinos, no cristalinos, o mezcla de ambos. La mayoría de dichos materiales tienen alta dureza y la resistencia al calentamiento, pero tienden a la fragilidad mecánica (proclividad a la quebradura).

Los nuevos materiales cerámicos se han desarrollado para su aplicación en motores, debido a las ventajas que presentan para su uso en motores como: bajo peso, alta rigidez y dureza, alta resistencia al calor y al desgaste, poca fricción y propiedades aislantes.

Las propiedades aislantes, junto con la alta resistencia al calor y al desgaste de muchos de los cerámicos, los hace útiles en revestimientos de hornos para metales líquidos a altas temperaturas, como el acero.

Una importante aplicación de los cerámicos son las placas cerámicas del transbordador espacial, ya que estos materiales cerámicos protegen térmicamente la estructura interna de aluminio del transbordador durante el lanzamiento y durante el ingreso a la atmósfera terrestre.

Comparando a los metales con los materiales cerámicos, se puede citar como ejemplo al aluminio que es un metal común y al óxido de aluminio (compuesto de aluminio y oxígeno) característico de los materiales cerámicos. El óxido de aluminio tiene dos ventajas principales sobre el aluminio metálico. La primera es que el óxido de aluminio es químicamente estable en una gran variedad de ambientes severos, en los que el aluminio metálico se oxidaría. De hecho, un producto normal de reacción en la degradación química del aluminio es el óxido, con una mayor estabilidad química. La segunda ventaja es que el cerámico óxido de aluminio tiene una temperatura de fusión significativamente mayor (2.020 °C) que el aluminio metálico (660°C). Esto hace del óxido de aluminio un refractario bastante común, esto es, un material resistente a las altas temperaturas, ampliamente utilizado en la construcción de hornos.

Puesto que tiene mejores propiedades químicas y mayor resistencia a altas temperaturas, ¿por qué no se utiliza el óxido de aluminio en ciertas aplicaciones, como por ejemplo en motores de automóviles, en lugar del aluminio metálico? La respuesta a esta pregunta se encuentra en la propiedad más desfavorable de los cerámicos: su fragilidad. El aluminio y otros metales tienen la propiedad de ser dúctiles, lo cual les permite soportar cargas severas de impacto sin romper, mientras el óxido de aluminio y otros cerámicos no pueden hacerlo. Esto elimina a los cerámicos de la selección en muchas aplicaciones estructurales.

Los recientes desarrollos en la tecnología de los cerámicos están haciendo a estos materiales en aplicaciones estructurales, no por eliminar su inherente fragilidad, sino incrementando su resistencia a valores lo suficientemente elevados y aumentando su resistencia a la fractura. Dentro de los nuevos materiales cerámicos estructurales de alta resistencia, se encuentra el nitruro de silicio como principal candidato para la fabricación de motores de alta temperatura y alta eficiencia energética, una aplicación impensable para los cerámicos tradicionales.

El óxido de aluminio es un cerámico tradicional característico, junto con otros buenos ejemplos como son el óxido de magnesio y la sílice. Además, la sílice constituye la base de la amplia y compleja familia de los silicatos, que incluye las arcillas y los materiales arcillosos. El nitruro de silicio, mencionado anteriormente, constituye un importante cerámico no oxidado.

Dentro de los sólidos no cristalinos, con composiciones comparables a las de los cerámicos cristalinos, se encuentran los vidrios. La mayoría de los vidrios comunes son silicatos; el vidrio ordinario de ventana está compuesto por aproximadamente un 72% en peso de sílice, siendo el resto

principalmente óxido de sodio y óxido de calcio. Los vidrios y los cerámicos cristalinos tienen en común la fragilidad. La importancia de los vidrios en la ingeniería reside en otras propiedades, como su capacidad para transmitir la luz visible, así como la radiación ultravioleta e infrarroja y su inercia química.

Un desarrollo relativamente reciente en el ámbito de los materiales lo constituye una tercera categoría, las vitrocerámicas. Algunas formulaciones de vidrio, como los aluminosilicatos de litio, se pueden desvitrificar totalmente, esto es, experimentan una transformación desde el estado vítreo al estado cristalino mediante un tratamiento térmico adecuado. Si se conforma la pieza mientras el material está en su forma vítrea pueden obtenerse formas complicadas. La posterior cristalización produce una estructura microscópica de alta calidad, con un tamaño de grano fino y sin porosidad, proporcionando un producto con una resistencia mecánica superior a la de muchos cerámicos cristalinos tradicionales. Una ventaja adicional es que los compuestos de aluminosilicato de litio suelen tener bajos coeficientes de expansión térmica, lo que los hace resistentes a la fractura por cambios rápidos de temperatura. Esta es una ventaja importante en aplicaciones como utensilios de cocina.

#### **4- Materiales compuestos**

Los materiales compuestos son mezclas de dos o más materiales. La mayoría de ellos constan de un determinado material reforzante y una resina compatible aglomerante con objeto de obtener las características específicas y propiedades deseadas. Normalmente, los componentes no se disuelven recíprocamente y pueden ser identificados gracias a la interfase entre los componentes.

Los materiales compuestos pueden ser de muchos tipos. Algunos tipos predominantes son fibrosos (compuestos de fibras en una matriz) y particulados (compuestos de partículas en una matriz). Existen muchas combinaciones diferentes de refuerzos y matrices que se pueden usar para producirlos. Dos destacados tipos de materiales compuestos modernos son la fibra de vidrio reforzada en matriz de poliéster o de epoxy, y las fibras de carbono en una matriz epoxídica.

Como ejemplo de la obtención de las características y propiedades deseadas, la fibra de vidrio resulta mecánicamente resistente debido al vidrio, y flexible debido al polímero.

Una aplicación conocida de los materiales compuestos de fibra de carbon-epoxy es su uso en alas y motores de aviones de transporte. Otro ejemplo del uso de los materiales compuestos es el sulfuro de polifenileno (PPS) reforzado con fibra de vidrio para instalaciones en campos petrolíferos. Esta aplicación hace uso de la excelente resistencia a la corrosión de este material.

La madera es un excelente ejemplo de un material natural con propiedades mecánicas útiles debido a su estructura reforzada con fibras. El hormigón es un ejemplo bastante común de un material compuesto granular. En él la arena y la grava refuerzan una matriz compleja de cemento de silicato.

También es importante mencionar los biomateriales para uso médico, tales como "poliuretanos de uso intracorpóreo", "cementos quirúrgicos" y "materiales bioabsorbibles". Como consecuencia, en el siglo XXI deberemos definir a la Ingeniería de los biomateriales como la ciencia y el arte de diseñar y fabricar a nivel atómico y molecular, materiales y dispositivos que interactúen con el organismo activando los procesos biológicos específicos deseados.

La mayoría de los materiales desarrollados últimamente son materiales compuestos.

#### **5- Materiales electrónicos**

Dentro de los mismos se encuentran los semiconductores, que tienen propiedades eléctricas intermedias entre los conductores y los aislantes eléctricos. Están formados por silicio puro y que con el agregado de pequeñas concentraciones de átomos de impurezas puede cambiar sensiblemente sus características eléctricas.

Los semiconductores posibilitan la fabricación de los circuitos integrados que han revolucionado,



en las últimas décadas, las industrias electrónica y de ordenadores. Estos dispositivos microelectrónicos han hecho posibles muchos nuevos productos, como los satélites de comunicaciones, ordenadores avanzados, calculadoras de bolsillo, relojes digitales y robots para soldadura.

El silicio y el germanio son los elementos semiconductores más difundidos. Entre los compuestos semiconductores se incluyen el arseniuro de galio, que se emplea como un rectificador para alta temperatura y en la fabricación de cristales de láser, y el sulfuro de cadmio, que se utiliza como una célula solar de bajo costo para transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable. Los distintos compuestos muestran similitudes con muchos de los compuestos cerámicos. Con adiciones apropiadas de determinadas impurezas, algunos cerámicos pueden presentar un comportamiento semiconductor, como por ejemplo el óxido de cinc, que se utiliza mucho como fósforo en las pantallas de televisiones en color.

### **NECESIDAD DE MATERIALES MODERNOS**

A pesar de los espectaculares progresos en el conocimiento y en el desarrollo de materiales en los últimos años, el permanente desafío tecnológico requiere materiales cada vez más sofisticados y especializados. Desde la perspectiva de los materiales se pueden comentar algunos extremos.

La energía constituye una preocupación constante. Se reconoce la necesidad de nuevas y económicas fuentes de energía y el uso más racional de las actuales fuentes. Los materiales desempeñan un papel preponderante en esta cuestión. Por ejemplo se ha demostrado la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica, pero las células solares emplean algunos de los materiales más complejos y caros. La viabilidad tecnológica de esta conversión se aseguraría si se desarrollaran materiales baratos y de alta eficiencia para este proceso.

La energía nuclear tiene futuro, pero la solución a los muchos problemas que quedan por resolver está relacionada con los materiales: desde el combustible a la estructura de los recipientes para controlar los residuos radiactivos.

La calidad medioambiental depende de nuestra habilidad para controlar la contaminación del aire y del agua. Las técnicas de control de la contaminación emplean diversos materiales. Además, los procedimientos de fabricación de los materiales deben producir mínima degradación ambiental, esto es, mínima contaminación y mínima destrucción del paisaje en aquellos lugares de donde se extraen las materias primas.

Los transportes consumen cantidades significativas de energía. La disminución del peso de los vehículos de transporte (automóviles, aviones, trenes, etc.) y el aumento de la temperatura de funcionamiento de los motores mejoran el rendimiento del combustible. Es necesario desarrollar nuevos materiales con elevada resistencia y baja densidad, así como materiales capaces de soportar elevadas temperaturas para fabricar componentes de motores.

La mayoría de los materiales que utilizamos proceden de fuentes no renovables; es decir, no son capaces de regenerarse. Entre ellos se encuentran los polímeros, cuya principal fuente es el petróleo, y algunos metales. Estas fuentes no renovables se empobrecen paulatinamente, por lo que es necesario descubrir nuevas reservas o desarrollar nuevos materiales con propiedades comparables y con menos impacto medioambiental. Esta última alternativa constituye el mayor reto para los ingenieros y científicos de materiales.

### **COMPETICIÓN ENTRE MATERIALES**

Los materiales compiten unos con otros por su existencia y los nuevos mercados. De unos a otros períodos de tiempo, aparecen muchos factores que hacen posible la sustitución de un material por otro para ciertas aplicaciones. Evidentemente, el costo es un factor. Si se hace un descubrimiento importante en el procesado de un cierto tipo de material, de manera que su costo se abarate

sustancialmente, este material puede reemplazar a otro en ciertas aplicaciones.

Otro factor que da lugar al reemplazo de los materiales es el desarrollo de un nuevo material con propiedades especiales para algunas aplicaciones.

Como resultado, a la vuelta de un cierto período de tiempo, encontramos que los materiales han cambiado.

En los Estados Unidos la producción de materiales ha variado a lo largo de los últimos años. El aluminio y los polímeros muestran un aumento significativo en la producción desde 1930. La razón de que el volumen de producción se haya incrementado para el aluminio, y aún más para los polímeros, es que se trata de materiales ligeros.

La competición entre materiales es evidente en la composición del automóvil americano. En 1978 el automóvil americano pesaba 1800 kg. y estaba compuesto aproximadamente por un 60 % de hierro y acero, un 10 a 20 % de plásticos y un 3 a 5 % de aluminio.

En comparación, el automóvil americano de 1985 pesaba 1400 Kg. y constaba de un 50 a 60 % de hierro y acero, un 10 a 20 % de plásticos y un 5 a 10 % de aluminio. Así, en el período 1978 - 1985 el porcentaje de acero descendió, el de aluminio se incrementó, y el de los plásticos permaneció aproximadamente constante. El automóvil americano de la década de los 90 se espera que pese una media de 1130 Kg, de los cuales está previsto que su contenido en plásticos represente el 30 % de su peso, según algunos analistas. Predicciones posteriores a 1992 para el uso de materiales en los automóviles americanos, indican una disminución sustancial en el uso del hierro y del acero, y un moderado aumento en el uso de los plásticos.

En algunas aplicaciones, sólo ciertos materiales satisfacen los requerimientos de la ingeniería para un diseño, y estos materiales pueden ser relativamente caros. Por ejemplo, un motor de avión moderno requiere, para funcionar, superaleaciones de alta temperatura con base níquel. Estos materiales son caros y no se ha encontrado ningún sustituto barato para reemplazarlos. De este modo, aunque el costo sea un factor importante en el diseño de determinados ingenios, los materiales utilizados deben reunir también características específicas. La sustitución de un material por otro continuará en el futuro, ya que se descubrirán otros materiales y nuevos procesos se desarrollarán

## **NORMALIZACIÓN.**

La producción de materiales, artículos, maquinarias y la ejecución de obras, es decir la actividad industrial y comercial en general, que involucra procesos de transformación de materiales o la adquisición de los mismos, materias primas o productos elaborados, requieren normalización.

La finalidad de la normalización es tipificar y unificar los materiales, para lo que se recurre a: definición de los productos; nomenclatura inherente; dimensiones y sus tolerancias; exigencias técnicas a satisfacer; métodos de ensayos y de análisis a aplicar; criterios de calidad de los productos.

La normalización trata de conciliar los intereses del fabricante y del consumidor, ya que tiene como objetivo la simplificación, por cuanto se reducen los métodos de producción y los equipos necesarios para ellos.

El resultado de esta tarea de normalización es **"la norma"**, que es un documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona para usos comunes y repetidos las definiciones, las características tecnológicas de los materiales, productos o equipos y los requisitos que deben cumplir para que sus aplicaciones sean satisfactorias y los métodos de ensayo para verificarlos.

El trabajo en equipo que se lleva a cabo para estudiar una norma crea consenso a través de la cooperación, solidaridad y respeto mutuo, que trasciende de la labor puramente técnica.

Se puede decir que la normalización tiende a mejorar la calidad de vida de los hombres por su procedimiento de trabajo y sus principios filosóficos y éticos.

También está relacionada con la economía y política exterior, ya que da las pautas técnicas para que determinados productos puedan ser exportados a otros países y también que otros puedan entrar al país o no.

Por todo ello, la aplicación de normas ofrece ventajas para todos los sectores que intervienen en el proceso económico y para la economía general del país.

### **VENTAJAS PARA EL INDUSTRIAL:**

- Organización racional de fabricación, de la materia prima y del producto terminado.
- Utilizar materias primas normalizadas permite conocer con exactitud sus propiedades y asegurar su calidad.
- La normalización coloca a los fabricantes en un mismo plano competitivo al fijar dimensiones, requisitos de calidad y una serie escalonada de otras propiedades básicas.
- A su vez, la normalización, es un factor de economía, ya que al orientar la producción permite concentrar la fabricación y reducir el número de variedades de un producto, lo que reduce los costos de producción.
- Se potencia el desarrollo económico a través de la promoción del producto normalizado.

### **VENTAJAS PARA EL COMERCIALIZADOR O DISTRIBUIDOR:**

- Reducción de stocks innecesarios.
- Facilita la relación con los proveedores. Al hacer pedidos de artículos conforme a normas, disminuye el riesgo de error y fundamentalmente evita la necesidad de tener un número elevado de elementos de reposición.

- Al reducir stock, gana lugar, tiempo, reduce inmovilización de capital, reduce costos de producción y de inventarios.
- Estimula las ventas al ofrecer a los clientes productos conforme a normas.

#### **VENTAJAS PARA EL CONSUMO:**

- El consumidor también se beneficia con la normalización, tanto por lo que representa la garantía de calidad (rendimiento e intercambiabilidad), como en el abaratamiento de los productos, en la facilidad de encontrar un repuesto y la posibilidad de comprar técnicamente diferentes ofertas de cualquier lugar del país o del exterior.

#### **VENTAJAS PARA LA ECONOMÍA NACIONAL:**

- Mejor producción en calidad, cantidad y regularidad.
- Mejor concordancia entre la oferta y las expectativas de la demanda.
- Disminución de los litigios.
- Argumentos de venta para el mercado internacional.
- Acrecentamiento de la productividad nacional.

## **EL IRAM**

El IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, es la entidad de normalización en la República Argentina.

Es una entidad civil, sin fines de lucro, creada el 02/05/35, con personería jurídica otorgada por el Gobierno Nacional. Fue el primer instituto de normalización creado en América Latina, con una organización similar a la de los países más adelantados del mundo.

Son socios del IRAM organismos y empresas estatales y privadas, cámaras de industria y comercio, centros de enseñanza e investigación, universidades, consejos profesionales y organismos nacionales, provinciales y municipales. En todas las actividades están representadas las fuerzas de la producción, el consumo y la tecnología.

La autoridad mayor del Instituto es la Asamblea de Socios, ésta elige al Consejo Directivo entre los miembros del Instituto.

EL Consejo Directivo está formado en partes iguales por los sectores siguientes:

- a) Sector Intereses Generales: Universidades, Casas de Estudio, laboratorios de investigación, Consejos Profesionales.
- b) Sector Consumo: Estado, cuando el consumo es masivo y Empresas particulares de alto consumo.
- c) Sector Producción: Fabricantes.
- d) El IRAM por derecho propio es el representante ante los Institutos de Normalización de los demás países y en la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT).

## **ELABORACIÓN DE UNA NORMA TÉCNICA IRAM**

El estudio de una norma se origina en una necesidad del mercado. Se reúne a todas las partes interesadas en el tema en una Comisión de Estudio que luego de la búsqueda de antecedentes y de un estudio cuidadoso redacta una norma provisoria que rige durante 6 a 12 meses. Se recogen todas

las informaciones y observaciones que fueran formuladas en la faz técnica y que influyen en lo económico. Luego de introducir las sugerencias que se consideran convenientes, la Comisión propone la norma definitiva, que deberá contar con la aprobación del Comité General de Normas y la conformidad del Consejo Directivo.

**SELLO DE CONFORMIDAD CON NORMA IRAM (SELLO DE CALIDAD)**

Determina la conformidad con las normas IRAM en base a la evaluación y aceptación de la calidad de la empresa postulante, ensayos iniciales, y una vez otorgado el sello, a la auditoría periódica del sistema de calidad y el control de muestras tomadas en fábrica y en el mercado.

El sello de calidad requiere:

Sistema de calidad de la empresa

La conformidad de los productos con las normas IRAM correspondientes.

El sistema de calidad de la empresa implica una calidad empresarial en profesionales, laboratorios sistemas de registros y control de la información instrumental, calibrado, control de materias primas, procesos y productos terminados.

**CERTIFICACIÓN IRAM DE CONFORMIDAD DE LOTES**

Se aplica cuando resulta necesario verificar la conformidad de un lote de productos con una norma. También constituye un antecedente importante para obtención posterior del Sello.

Los inconvenientes, en contraposición con el Sello son:

- a) No constituye una contribución importante al desarrollo tecnológico de la empresa.
- b) Tiene un costo unitario mayor que el Sello.
- c) Origina demoras en las entregas, si no hay adecuada planificación entre proveedores y compradores.

**INSTITUTOS DE NORMALIZACIÓN INTERNACIONAL**

La Normalización Internacional está repartida en dos grandes instituciones:

ISO: Organización Internacional de Normalización.

CEI: Comisión Electrónica Internacional.

<p>I.S.O. International Standard Organization</p>	<p>A.S.A.: American Standard Association</p>	<p>A.C.I.: American Concrete Institute                  A.P.I.: American Petroleum Institute                  A.S.T.M.: American Society for Testing Materials                  A.S.M.E.: American Society of Mechanical Engineers                  S.A.E.: Society of Automotive Engineers                  A.I.S.I.: American Iron and Steel Institute</p>
	<p>D.I.N.: Deutsche Industrial Norm                  A.F.N.O.R.: Association Francaise de Normalisation                  U.N.I.: Ente Nazionale Italiano de Unificazione</p>	

## **SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9000**

La calidad de productos y servicios es la clave para alcanzar la competitividad en los mercados locales y globales. Por esta razón, se ha prestado un enorme interés a la calidad y a los medios para su gestión y aseguramiento en los países industrializados y en desarrollo en los últimos años.

Las normas internacionales de sistemas de gestión de calidad, las muy conocidas normas de la serie ISO 9000, han recibido extensa aplicación y reconocimiento en todo el mundo. Estas normas han sido adoptadas por más de 80 países y han sido aplicadas por más de 180.000 empresas. Proporcionan un modelo globalmente aceptado para los Sistemas de Gestión de Calidad.

La rápida expansión del número de empresas que aplican las normas ISO 9000 ha aumentado el número de clientes que exigen de sus proveedores la aplicación de estas normas.

Para sobrevivir en el ámbito económico de hoy, los proveedores no sólo deben aplicar estas normas, sino que deben mostrar a sus clientes que las están aplicando con éxito y esto, preferentemente, a través de un organismo de certificación de tercera parte.

Algunos de los beneficios para la empresa son:

- Motivación del personal.
- Eliminación o reducción de auditorías de clientes.
- Aumento de competitividad.
- Mayor conocimiento de los procesos de su negocio.
- Mejora continua a partir de los resultados de las auditorías.
- Argumento importante de Marketing.