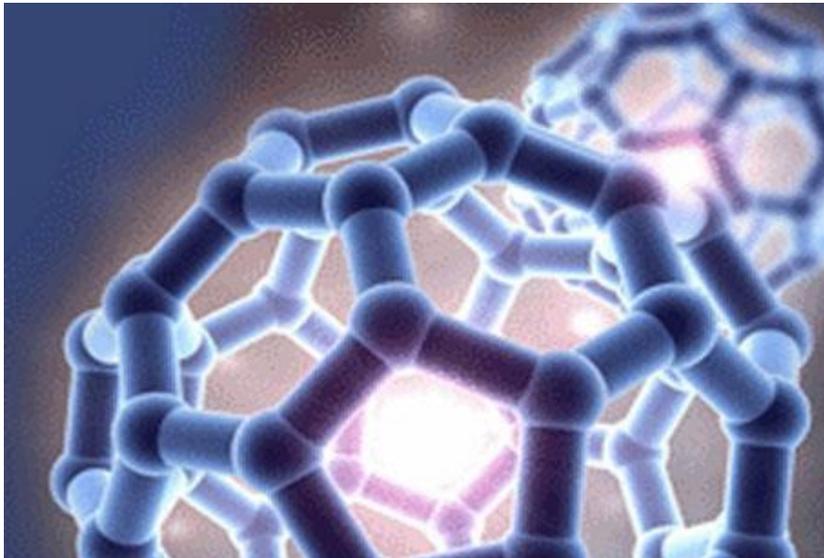


UNIDAD 7

NUEVAS NECESIDADES, NUEVOS MATERIALES



1. DE MATERIA A MATERIALES
2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS MATERIALES
3. TIPOS DE MATERIALES
4. LA CIENCIA DE MATERIALES
 - 4.1. Los nuevos materiales metálicos
 - 4.2. Los materiales cerámicos avanzados
 - 4.3. Los polímeros sintéticos
 - 4.4. Los materiales compuestos o composites
 - 4.5. Los biomateriales
 - 4.6. Los materiales bioinspirados
 - 4.7. Los materiales superconductores
5. LA NANOTECNOLOGÍA
6. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL FUTURO

1. DE MATERIA A MATERIALES

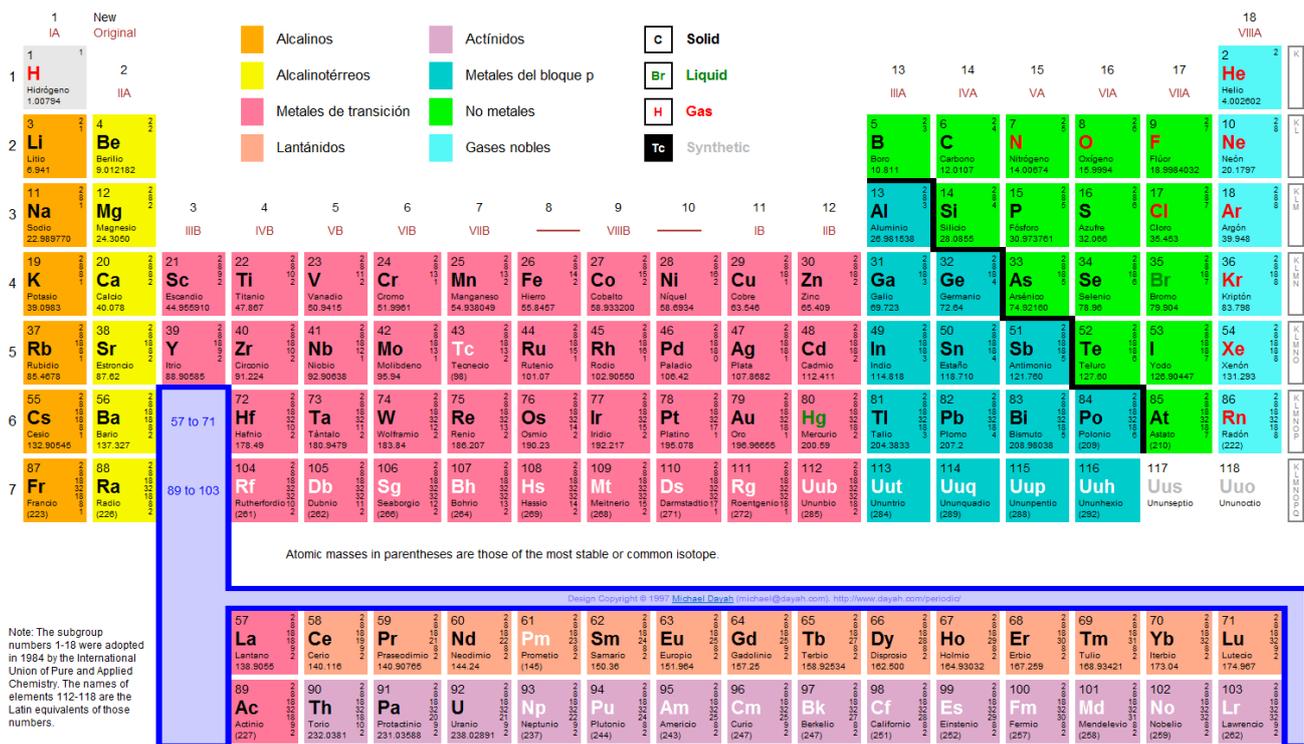
En el origen del universo se encuentra el origen de todas las cosas que nos rodean; eso te incluye a ti, a los materiales con los que se fabrican las ruedas, la videoconsola, las zapatillas o los macarrones con tomate. Pero a pesar de su aparente complejidad, el universo entero hecho de apenas unos 90 elementos químicos diferentes.

El conocimiento de las propiedades de los elementos nos permite conseguir el material adecuado para cada propósito.

Miles de años de descubrimientos a lo largo de la historia han hecho posible que podamos tener televisores de plasma o grabadoras de DVD, que podamos vivir fuera de nuestro planeta (en la Estación Espacial Internacional) o viajar más rápido que el sonido. La clave se encuentra en el conocimiento acumulado, y está resumido en la **tabla periódica de los elementos químicos**.

Ahora sabemos cómo se organizan los átomos, con su núcleo de protones y neutrones y sus electrones girando alrededor. Conocemos su estructura atómica. Ahora es cuando estamos en condiciones de crear nuevos elementos añadiéndolos a la tabla.

Dimitri Mendeleiev publicó en 1869 su famosa tabla. No solo ordenó los elementos conocidos, sino que tuvo la valentía y la intuición de dejar huecos para nuevos elementos todavía no descubiertos (como el germanio, el galio o el escandio) y predecir sus propiedades.



2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Desde los primeros tiempos el hombre ha tenido que utilizar materiales que le permitieran cubrir sus necesidades básicas, por esto la transformación de sustancias por procesos físicos y químicos forma parte de los conocimientos más antiguos. La historia de la civilización se puede describir como la historia del dominio de los materiales.

- Edad de Piedra

Los materiales que los pobladores del Paleolítico utilizaron para hacer sus primeras herramientas eran, entre otros, *sílex* o *pedernal*, *cuarzo* y *obsidiana*. Son rocas y minerales que tienen en común ser duros, relativamente frágiles y presentan fractura concoidea. Eran, además, muy abundantes y aparecen en forma de cantos rodados.

En el **Paleolítico** inferior se descubre el fuego. Este hecho permitió al hombre pasar del simple precario aprovechamiento de la naturaleza a la transformación activa de esta. Además se desarrollaron las "técnicas de tallar" y se empezaron a usar otros materiales como hueso, madera, marfil, resina y arcilla.

En el **Neolítico** se inventa la *cerámica* calcinando la arcilla a más de 450°C, y se empiezan a utilizar materiales como el *betún* que se usaba como impermeabilizante, la *cola de colágeno* obtenida de huesos y usada como adhesivo, las *fibras vegetales* y, además, se obtienen por evaporación productos químicos como *sal* y *natrón*.

- Edad de la Metales

El descubrimiento de la metalurgia fue un avance tecnológico decisivo que definió la nueva etapa cultural.

- **Calcolítico** (calcos, cobre; litos, piedra)

La primera metalurgia del cobre se desarrolló en distintos lugares, donde era fácil encontrar cobre nativo en pepitas. Al principio la menas de cobre se reducían en fuego abierto con leña, con lo cual no se alcanzaba la temperatura necesaria para fundirlo (1083°C) por ello tan solo podían soldarse pedazos de forja. Posteriormente se consiguió fundirlo en horno cerrado usando carbón de leña (Mesopotamia, 4000 a.C.).

- **La Edad del Bronce**

El bronce es una aleación de cobre y estaño. Posee mayor dureza e inferior punto de fusión que el cobre; estas características hacen que se haya utilizado durante 2000 años en la fabricación de armas y otros utensilios. Se supone que fueron los egipcios los primeros en fabricarlo.

Tras más de 1500 años, surgieron problemas de abastecimiento (el cobre y el estaño no son comunes). Los fenicios enviaron sus naves fuera del Mediterráneo, para excavar las minas de estaño de Cornualles, en Inglaterra. La búsqueda de estos metales facilitó el hallazgo de minas de hierro.

- **La Edad de Hierro.**

El primer **hierro** se obtuvo de meteoritos. Era un metal mucho más duro que el bronce y se conseguían armas más resistentes y con filo más duradero. Sin embargo, su extracción es más complicada que la del cobre y su metalurgia más compleja. Se necesitan temperaturas mayores para fundirlo (1536°C) y el hierro que se conseguía era duro, pero quebradizo o blando.

El descubrimiento de la tecnología del hierro «fundir hierro y añadir carbón vegetal» se produce en el año 1500 a.C. y se atribuye a los hititas. Estos guardaron celosamente el secreto, afianzando así su poder en un amplio territorio debido a su nuevo y más eficaz armamento. A la caída de su imperio, el secreto de esta técnica se extendió rápidamente hacia Oriente y Europa, favorecido por la abundancia del mineral.

- La Antigüedad

La conquista del metal traería como consecuencia la conquista de la **madera**, no hubo verdaderas casas de madera hasta que se poseyeron instrumentos aptos para cortar y serrar árboles.

En esta época se produce el descubrimiento de otro material importante: el **vidrio**. Se cree que el arte de fabricar vidrio pasó de Siria a Egipto entre 1500 y 1600 a.C. Los vidrieros egipcios lo fabricaron utilizando una mezcla de arena de cuarzo, cal y natrón. El uso del hierro, además, permitió el desarrollo del vidrio soplado.

En el año 20 a.C el arquitecto romano Vitruvio describe el método para la obtención del **hormigón** con lo que prácticamente se completará el número de materiales utilizados en la construcción, pues desde las primeras civilizaciones se viene utilizando adobe, mortero y diversidad de materiales pétreos (granito, arenisca, etc.).

- De la Revolución industrial a la modernidad

Durante muchos años el progreso fue lento y la evolución de los materiales prácticamente se detuvo hasta el siglo XVII, que marcó el despegue en la demanda del **acero**. Se establece de una manera científica que la diferencia entre el hierro dulce, el acero y la fundición radicaba en la cantidad de carbono que se añadía al metal.

Paralelamente se descubrieron otros metales como el **níquel**, el **romo**, el **wolframio**, el **titanio**, y el **berilio**, aunque las técnicas necesarias para aislarlos no se descubrieron hasta un siglo después. Metales especialmente importantes son:

- El **aluminio**. Aunque los minerales de aluminio son muy abundantes en la corteza terrestre, fue muy difícil la separación del metal. En 1846 se podían producir pequeñas cantidades, pero el método era muy costoso. Esta situación cambió totalmente en 1886, con el desarrollo de un método de producción basado en la electrolisis. Al tratarse de un metal resistente y además ligero, se utilizó en las estructuras de los dirigibles y más tarde en la construcción de los aviones comerciales.
- El **titanio**. Fue descubierto en 1791 y a pesar su abundancia, hasta 1946, no se descubrió un método químico para producirlo comercialmente. Su bajo peso y su alta resistencia mecánica permitió el desarrollo de toda la tecnología aeroespacial. También tiene numerosas aplicaciones en la industria aeronáutica, en la industria química, en medicina, etc.

Además del descubrimiento y la obtención de la mayor parte de los metales, en esta época se estuvieron investigando otros grupos de nuevos materiales. Durante muchos años el hombre estuvo experimentando con **polímeros** que encontraba en la naturaleza, con el fin de hacerlos útiles.

- Goodyear (1839) trabajando con el caucho, descubrió accidentalmente un proceso por el cual este material podía conservar su elasticidad, aumentando su resistencia: la vulcanización.
- Hyatt (1863) trabajando con la celulosa, desarrolló el **celuloide**. Este nuevo material permitirá reemplazar, en muchas aplicaciones, al carey, el nácar y el marfil.
- Baekeland (1909) descubrió el primer plástico totalmente sintético, la baquelita, que fue utilizada en gran número de aplicaciones (teléfonos, peines, botones, etc.) alrededor de 1920.
- Du Pont (1939) introdujo con extraordinario éxito una fibra sintética, que denominó **nylon**.

Posteriormente siguió, a nivel mundial, una avalancha de productos plásticos de diferentes propiedades y aplicaciones que sería prácticamente innumerable y que continúa actualmente.

- La actualidad

Debido a la aparición y mejora de nuevos materiales, en los últimos 50 años hemos presenciado cambios extraordinarios en las comunicaciones, el transporte y la medicina. Un material que es un claro ejemplo de estas mejoras es el **vidrio**, conocido desde la Antigüedad, mejorado hace 2000 años con la aparición de la técnica del soplado. Posteriormente se fabricó vidrio plano y más tarde se desarrolló el vidrio para la óptica. Entre 1970 y 1980, se descubrieron las **fibras ópticas**, capaces de conducir señales luminosas a muchos kilómetros de distancia. Estas fibras demostraron ser mucho más eficaces que los hilos de cobre en el campo de la comunicación.

Los **materiales cerámicos** también han recorrido un largo camino en la historia de la humanidad, desde los primeros vestigios arqueológicos del Neolítico, pasando por los mosaicos romanos, hasta las llamadas **cerámicas tradicionales**, productos utilizados en la fabricación de baldosas, como aislantes eléctricos, o como material refractario, hasta ver los materiales cerámicos lanzados al espacio recubriendo transbordadores espaciales y una nueva generación las **cerámicas avanzadas**, de gran dureza, aislantes térmicos y eléctricos de elevado punto de fusión, y las **biocerámicas**, indicadas en odontología, ortopedia y medicina cardiovascular.

Otro grupo de materiales que se desarrollan en la última mitad del siglo XX y que siguen avanzado actualmente son los **materiales electrónicos**, que tras la aparición del transistor, el descubrimiento de la obtención de **silicio** de gran pureza y la posterior fabricación de circuitos integrados, permitieron incluir miles de transistores en una sola placa de silicio, lo que trajo consigo el despegue de la informática, y la aparición de circuitos electrónicos miniaturizados en automóviles, microondas, teléfonos, etc. Son tales los progresos que produjo el uso del silicio, que muchos especialistas llegaron a afirmar que se estaba viviendo una nueva época, la **Edad del Silicio**.

Pero los avances no han quedado ahí. En lo que va de siglo, se han descubierto y diseñado multitud de nuevos materiales, que están suponiendo, y supondrán en un futuro cercano, una auténtica revolución tecnológica y social. Por eso nuestra época se conoce ya como la **Era de los Materiales**.

3. TIPOS DE MATERIALES: CLASIFICACIÓN

El número y la variedad de materiales que se emplean en la actualidad son extraordinarios. La clasificación de los mismos puede hacerse siguiendo diferentes criterios:

a) Según sus **propiedades** (mecánicas, eléctricas y físicas)

- Materiales metálicos

Son sustancias inorgánicas que están compuestas de uno o más elementos metálicos, pudiendo contener también algunos elementos no metálicos.

Los metales poseen unas características comunes consecuencia del enlace metálico. Estas son:

- Gran plasticidad (capacidad de deformación antes de la rotura).
- Maleabilidad (capacidad para obtener láminas).
- Ductilidad (capacidad para obtener hilos).

Los materiales metálicos se clasifican en:

- **Metales y aleaciones férricas**, que contienen un alto porcentaje de hierro (Ej.: acero)
- **Metales y aleaciones no férricas**, carentes de hierro. Este grupo podemos subdividirlos en metales pesados, ligeros y ultraligeros.

- Materiales poliméricos (plásticos)

Materiales de origen orgánico constituidos por macromoléculas naturales o sintéticas de elevado peso molecular, cuyo principal componente es el carbono.

Los plásticos tienen una serie de propiedades en común:

- Baja densidad
- Alta relación resistencia / densidad
- Maleabilidad
- Ductilidad
- Elevada resistencia al ataque químico

Según su estructura, podemos clasificarlos en: **termoplásticos** (ej.: poliestireno, PVC, cianocrilato, etc.), **termoestables** (ej.: resinas) y **elastómeros** (ej.: neopreno, silicona, goma, poliuretano, etc.).

- Materiales cerámicos

Materiales inorgánicos formados por elementos metálicos y no metálicos cohesionados químicamente.

La mayoría de los materiales cerámicos tienen:

- Elevada dureza
- Alta resistencia a elevadas temperaturas.
- Tienden a ser frágiles.
- Propiedades aislantes.

Actualmente podemos clasificarlos en: **cerámicas convencionales** y **cerámicas avanzadas**.



Además de estos grupos, y debido a su gran importancia debemos considerar otros materiales

- **Composites** → Son mezclas de dos o más materiales diferentes cuyas propiedades dependen de la mezcla de materiales que lo componen.
- **Maderas** → Material fibroso que se obtiene de los árboles. Está constituida por celulosa, lignina, resina, almidón, taninos y azúcares. Podemos clasificarlas en **maderas naturales** y **transformadas**.
- **Materiales textiles** → Generalmente se utilizan en forma de **fibras**. Estas son unidades de materia de longitud muy superior a su diámetro. De manera general podemos clasificarlas en **naturales** y **químicas**.
- **Materiales pétreos** → Son materiales que se obtienen de las rocas. Pueden ser rocas o granulados.
- **Aglomerantes** → Son aquellos que mezclados con agua, forman una masa plástica que al cabo de un tiempo fragua (se endurece, reduciendo su volumen) y adquiere resistencia mecánica.
- **Vidrio** → Material transparente o traslúcido obtenido de la mezcla de cuarzo, sosa y cal.

b) Según el **origen** de los materiales:

- **Materiales naturales**, obtenidos de la naturaleza: madera, granito, etc.
- **Materiales transformados**, que se obtienen transformando algún material natural o mezclando varios: papel, caucho vulcanizado, cemento, acero, etc.
- **Materiales artificiales o sintéticos**: que se obtienen como productos de procesos químicos o físicos: plásticos, fibras artificiales, etc.
- **Materiales reciclados**: obtenidos a partir de objetos del mismo material: papel, vidrio, etc.

4. LA CIENCIA DE MATERIALES

La clave de las propiedades de los materiales está en los enlaces químicos que existen entre sus átomos y en las estructuras que originan. Este es el objeto de estudio de la **ciencia de materiales**. Es una ciencia multidisciplinar que recibe aportaciones desde el campo de la *física*, la *química* y la *ingeniería*.

Para satisfacer las necesidades de la creciente población mundial se necesitan tecnologías que aprovechen mejor los recursos sin poner en peligro la supervivencia de las generaciones futuras. Para ello es necesario:

- reducir las desigualdades entre países en infraestructuras, alimentación, sanidad, etc.
- racionalizar el uso de la energía y asegurar la conservación del medio ambiente.

Las condiciones necesarias para que estos avances tecnológicos se produzcan son complejas y exigen grandes inversiones en educación e investigación. La **ciencia de materiales**, por sí misma, no puede resolver ninguno de esos problemas pero sí aporta soluciones concretas a algunos de ellos.

La acumulación de conocimientos sobre la estructura y comportamiento de la materia y la existencia de nuevas técnicas para manipular directamente los átomos o moléculas, han dado paso a una nueva forma de afrontar el desarrollo de nuevos materiales. La nueva ingeniería de materiales parte de las necesidades que quiere satisfacer, y diseña las estructuras microscópicas a partir de conocimientos teóricos y simulaciones por ordenador que permiten elaborar los prototipos reales con mayor rapidez que los métodos tradicionales.

Las características de estos nuevos materiales son:

- Serán **diseñados a medida** (material con propiedades específicas para una aplicación determinada)
- Serán **nanomateriales** (escala molecular)
- Serán **inteligentes** (con capacidad para responder ante un estímulo)
 - Con *piezoelectricidad* (responden deformándose ante un impulso eléctrico o bien, ante la presión generan un impulso eléctrico)
 - Con *memoria de forma* (cambian su forma cuando se alcanza una determinada temperatura)
- Energéticamente **más eficientes** (se producirán con menor gasto de energía).
- **Reciclables**
- **Menos tóxicos**.
- Favorecerán la **conservación del medio ambiente** y el **desarrollo sostenible**

4.1. LOS NUEVOS MATERIALES METÁLICOS

Desde hace unos 9000 años, el hombre ha empleado materiales metálicos, conociendo cada vez mejor sus propiedades, mejorando destrezas en su obtención y descubriendo que su fusión y mezcla cambiaba drásticamente sus propiedades. Este largo recorrido podría hacer pensar que los metales y sus aleaciones son algo anticuado, falta de innovación o de escaso desarrollo científico.

Pero la realidad es radicalmente distinta; resulta curioso comprobar cómo los primeros en descubrirse, como el cobre, el estaño, la plata, el oro y el hierro, siguen siendo referente obligado en los avances científicos y tecnológicos de nuestros días. Por ejemplo, sería impensable hablar de superconductores y no pensar en el cobre, primer metal conocido, o mirar las enormes plataformas petrolíferas del Mar del Norte y no pensar en el hierro.

Estos materiales siguen estando de permanente actualidad gracias a la investigación y los avances conseguidos en el último cuarto del siglo XX, que han permitido el desarrollo de nuevos materiales específicamente diseñados para soportar condiciones extremas.

4.1.1. EL ACERO

a) La construcción:

Los materiales empleados en la construcción se basan actualmente en el *hormigón armado* y en el *acero*, materiales que no han dejado de evolucionar haciéndose cada vez más resistentes y menos vulnerables al paso del tiempo. Su introducción a principios del siglo XX permitió la construcción de los rascacielos, e infraestructuras más esbeltas como la Torre Eiffel o el puente de San Francisco.

El acero, aleación de hierro, carbono y otros metales, es flexible y muy resistente a la tracción. Su contenido en hierro origina su principal problema, la corrosión. Y además, lo hace muy pesado (densidad $\rho_{\text{acero}} = 7860 \text{ Kg. /m}^3$). Muchas estructuras, como los grandes buques de transporte, oleoductos y torres de perforación, se encuentran en el mar, ambiente muy corrosivo por la presencia de iones cloruro. Los ingenieros intentan resolver estos problemas diseñando formas rígidas con la menor cantidad posible de acero y protegiendo las estructuras frente a la corrosión.

Las causas de la corrosión son múltiples y también las maneras de evitarla. Las principales son:

- **Corrosión general.** El hierro y sus aleaciones se oxidan formando capas de óxido que se van disolviendo, lo cual reduce el espesor de la pieza.
- **Corrosión bimetal.** La unión de dos metales diferentes crea corrientes eléctricas que aceleran extraordinariamente la corrosión. Suele ocurrir al unir el acero con piezas de cobre o latón.
- **Corrosión de fatiga y tensión.** Las tensiones y deformaciones modifican la estructura de los aceros haciéndolos más sensibles a la corrosión precisamente en los puntos más críticos.

A largo plazo, la corrosión es inevitable y todas las estructuras exigen un mantenimiento constante.

Algunas de las **medidas de protección** utilizadas son:

- **Utilización de aceros especiales** (pobres en carbono y ricos en cromo, níquel o molibdeno).
- **Recubrimiento de las superficies expuestas** (pinturas, galvanizado o recubrimiento electrolítico con cinc, materiales plásticos u hormigones especiales en la cimentación)
- **Paso de corrientes eléctricas** continuas entre la estructura y el medio que impidan la oxidación.
- **Conexión de la estructura a bloques de metales** que se oxidan más fácilmente (metal de sacrificio) como el magnesio y el cinc, que hay que reponer periódicamente.

b) El transporte

Las propiedades de los aceros actuales nada tienen que ver con las de los producidos años atrás. En la década de los ochenta, la industria del automóvil se revolucionó con la aparición de los llamados aceros HSLA (*high-strength low-alloy steels*), que permitieron reducir el peso de las carrocerías en un 35%, aumentando además, su límite elástico al mejorar la resistencia al impacto y a la torsión.

Estos aceros han sido superados por nuevas generaciones de aceros avanzados de alta resistencia y luego por otros capaces de endurecerse al sufrir un impacto, aumentando así la seguridad de los vehículos.

4.1.2. EL ALUMINIO

En poco más de ciento cincuenta años el aluminio y sus aleaciones han pasado de ser prácticamente desconocidos a utilizarse más de 24 millones de toneladas anuales, pudiéndose considerar el competidor del acero para algunos usos estructurales.

Su baja densidad hace que su aplicación para el transporte sea prioritaria. A esto hay que añadir su gran resistencia a la corrosión. Las nuevas aleaciones de aluminio de uso aeroespacial incorporan cobre, manganeso, silicio, magnesio, cinc o litio y tienen la capacidad de seguir operando cuando se ha producido un daño en la estructura, es decir, resisten sin romperse. Las aleaciones de aluminio se utilizan para fabricar turbinas y multitud de piezas aeronáuticas.

4.1.3. LAS SUPERALEACIONES

Existe una nueva generación de metales, las **superaleaciones**. De entre la gran variedad existente, las de base **níquel** (Ni) poseen características mecánicas excepcionales a altas temperaturas, por ejemplo una turbina puede trabajar 35.000 horas a 1200°C sin sufrir daños mecánicos. Junto a las de níquel, las de **titanio** (Ti) ocupan un puesto destacado como materiales avanzados en aplicaciones aeroespaciales, biomédicas y electrónicas.

Además, algunas de estas aleaciones poseen una cualidad excepcional: la **memoria de forma**. Esta propiedad hace que la aleación sea capaz de recuperar la forma inicial, mediante la aplicación de temperatura o corriente eléctrica. Estos materiales «inteligentes» se usan en multitud de aplicaciones.

a) La industria

La industria aeroespacial ha desarrollado diferentes aleaciones de Ti-Al-V (titanio-aluminio-vanadio) con adiciones de cromo, cinc y/o molibdeno que con el debido tratamiento térmico mejoran la resistencia a la fatiga y aumentan la ductilidad.

b) La ingeniería biomédica

- Prótesis

La utilización de implantes en el cuerpo humano para reparar los daños producidos en accidentes, malformaciones congénitas o envejecimiento de la población va en aumento. La utilización del **titanio** en implantes de cadera, placas o tornillos reduce el tiempo de hospitalización de los pacientes a poco más de una semana, evitándoles una inmovilización que agravaría su situación. Para mejorar el agarre de las piezas de titanio se emplean tratamientos superficiales que mejoran la respuesta del tejido biológico circundante (Ej: **titanio poroso**, que permite el crecimiento óseo dentro de la superficie de contacto).

- La cirugía cardíaca

La reducción del diámetro interior de las arterias causado por la arteriosclerosis puede resolverse introduciendo un muelle plegado o *stent*, fabricado con una aleación de níquel-titanio con **memoria de forma**. Este material recupera su forma gracias a su **superelasticidad**.

Las válvulas cardíacas pueden tener fallos congénitos o dañarse con el paso de los años, el exceso de colesterol o procesos infecciosos. En algunos casos es necesario reemplazarlas quirúrgicamente, para lo que se utilizan válvulas procedentes de donantes, animales como el cerdo o la vaca, y **aleaciones metálicas**. La más utilizada combina titanio, aluminio y vanadio. Las válvulas construidas con ella se garantizan para más de cien años de uso pero obligan a los pacientes a tomar anticoagulantes de por vida.

- Reparaciones dentales

Las lesiones producidas por la caries en las piezas dentales deben rellenarse una vez que se ha eliminado el tejido dañado. Desde hace años se ensayan diversos materiales, siendo el oro el primero que se usó por su plasticidad y estabilidad. A mediados del siglo XIX se comenzó a utilizar la **amalgama de plata-mercurio** por su menor precio y facilidad de uso. La amalgama se fabrica con polvo de plata, al que se agrega estaño o cobre. En el momento de la obturación, se mezcla con mercurio, formándose una pasta que va endureciendo a medida que pasa el tiempo.

La toxicidad del mercurio alentó una fuerte polémica que continúa hoy día sin que se hayan presentado evidencias que lleven a su prohibición. Hoy se recomienda limitar su uso en algunos casos y se ofrecen como alternativa compuestos de resina y cuarzo.

Los materiales con memoria de forma se usan también en la fabricación de alambres para ortodoncia.

4.2. MATERIALES CERÁMICOS AVANZADOS

Las líneas de investigación en estos materiales están dirigidas a la mejora y potenciación de sus propiedades y a la corrección de sus defectos:

- para **disminuir su fragilidad**, se intenta eliminar los pequeños defectos estructurales, como impurezas químicas o espacios vacíos, incorporando compuestos como el óxido de circonio (ZrO_2).
- para **elegir la dureza** se ha logrado creando una familia de cerámicas estructuradas, basadas en el nitruro de silicio.

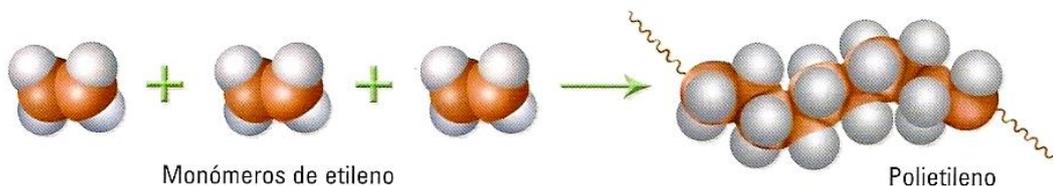
Estas mejoras abren el camino de la cerámica hacia aplicaciones estructurales de elevada responsabilidad, Entre otras podemos mencionar:

- la construcción de **motores de combustión más ligeros** que puedan funcionar a altas temperaturas.
- la **protección de reactores nucleares**.
- la **fabricación de herramientas de corte** de gran precisión.
- la **fabricación de bombas y válvulas** que soporten bien los ambientes corrosivos.

Algunos materiales cerámicos poseen, además, propiedades magnéticas, ópticas y eléctricas muy especiales, pudiendo ser usados para construir sensores de radiación infrarroja y láseres. Otras cerámicas funcionan como materiales semiconductores a elevadas temperaturas.

4.3. LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS

A diferencia de otros grupos de materiales, los polímeros sintéticos son un invento del siglo XX. Estos materiales están formados por moléculas gigantes que contienen desde miles o millones de átomos. La molécula de un polímero se construye a partir de unidades moleculares menores: los monómeros. El tipo de monómeros y el modo en que se ensamblan definen las propiedades del material resultante. Esta característica abre enormes posibilidades al diseño, de manera que no solo el material acabado, sino también los constituyentes básicos se hacen a medida.



Proceso de polimerización del polietileno.

a) Aplicaciones en medicina

La silicona es un polímero inorgánico compuesto de silicio e hidrógeno. Utilizada en multitud de productos de consumo por su versatilidad y estabilidad química, se usa con fines estéticos para moldear el cuerpo humano con implantes mamarios o inyecciones de silicona en los tejidos, en especial en los labios y pómulos.

Asimismo, se emplea en la reconstrucción tras una intervención quirúrgica o accidente. Muchas mujeres han encontrado en el implante mamario una gran ayuda psicológica tras sufrir una mastectomía (extirpación de mama.)

b) Aplicaciones en la industria

Una de las líneas de avance en materiales industriales son los llamados **polímeros de esqueleto molecular rígido**. En estos, modificando las características de sus cadenas, se consiguen materiales de gran tenacidad y con resistencia mecánica muy elevadas. Existen miles de aplicaciones diferentes, sin embargo dos de ellas son especialmente dignas de mención, debido a su gran interés tecnológico: **fibras de alto módulo y membranas**.

- Fibras de alto módulo

Los polímeros pueden existir en estado amorfo y cristalino. Muchos polímeros cristalinos presentan extraordinarias propiedades mecánicas, consecuencia de su estructura. Las mejores propiedades se obtienen en el caso de las fibras, en las que se consigue, mediante estiramiento, ordenar las cadenas de polímero en una misma dirección, que coincide con el eje de la fibra. Un ejemplo es el *kevlar*, que posee una resistencia mecánica cercana a la del acero y una densidad de solo 1,45 g/cm³, por lo que presenta excelentes propiedades para aplicaciones en automoción y aeronáutica, donde el peso es un condicionamiento crucial.

- Membranas

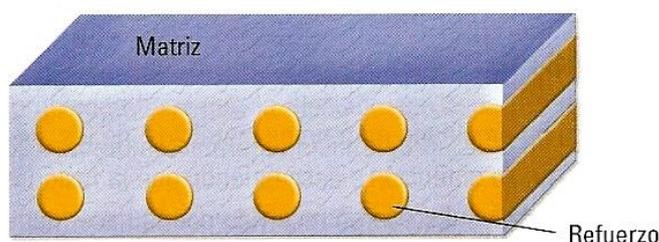
Las *membranas de desalación de agua* han alcanzado una importancia extraordinaria en nuestro país, caracterizado por la escasez de agua potable. Las membranas poliméricas actuales son muy delgadas (aproximadamente 0,1 micras) y porosas. No oponen resistencia al flujo, pero poseen una gran «resistencia mecánica», necesaria para soportar las altas presiones a que son sometidas durante el proceso de desalación.

4.4. MATERIALES COMPUESTOS O COMPOSITES

Actualmente se han incorporan otros materiales basados en la *fibra de carbono*, los *polímeros orgánicos* y el *vidrio* que, combinados entre sí, forman los **composites** o materiales compuestos que dan más prestaciones con un peso menor. Generalmente consisten en una **fibra** resistente a la tracción y una **matriz** que la cohesiona.

- La madera posee largas fibras de celulosa impregnadas en una matriz de lignina. Sin ella las fibras, muy flexibles y delgadas, no podrían servir de soporte para el crecimiento de los árboles.
- Los huesos y las conchas poseen estructuras laminares o granulares compactadas por proteínas que actúan como matriz.

La elaboración de composites emplea, generalmente, **fibras de vidrio** o **de carbono** que poseen ligereza y resistencia a la tracción en una matriz de **resinas orgánicas**.



Estructura de un composite. El agente reforzante puede ser fibra de vidrio, cuarzo, Kevlar o fibra de carbono, mientras que la matriz se puede realizar con resina epoxi o poliéster que envuelve y liga las fibras.

▪ Fibra de carbono.

La fibra de carbono es tres veces más resistente que el acero y 4,5 veces más ligera. No se oxida, permite obtener cualquier forma y la conserva frente a las variaciones de temperatura. Se emplea en aeronáutica, automoción y en la fabricación de materiales deportivos (cuadros de bicicleta, cañas de pescar, etc.).

▪ Fibra de vidrio.

Tiene propiedades similares a la fibra de carbono pero es menos resistente. Es moldeable, buen aislante térmico y no reacciona con ácidos. Se usa especialmente en automoción y fabricación de materiales deportivos y en la elaboración de cables de fibra óptica para telecomunicaciones.

4.5. LOS BIOMATERIALES

La ciencia de los biomateriales es una disciplina emergente de considerable desarrollo y enorme interés social y económico. El desarrollo de esta ciencia, claramente interdisciplinaria, se produce paralelamente al de los materiales avanzados, que diseñados inicialmente para otras aplicaciones, han supuesto la base del desarrollo de técnicas y aplicaciones médicas.

Los materiales destinados a integrarse en el cuerpo humano deben poseer las siguientes características:

- **Biocompatibilidad.** Es decir, ser compatibles con el organismo para no provocar rechazo.
- **Inocuidad.** Lo que supone carecer de toxicidad a largo plazo.
- **Estabilidad estructural.** Implica una duración prolongada.
- **Bioactividad.** Interacción con los tejidos para favorecer su integración en el organismo.



Los materiales utilizados para estas aplicaciones pueden ser de origen metálico, cerámica, polimérico o composites, aportando soluciones muy eficaces en el diseño y aplicación de prótesis y en diversos dispositivos en el organismo humano. Así, las **prótesis articulares**, con recubrimientos a base de nitruro de silicio (de gran dureza, acabado superficial muy pulido y rozamiento mínimo), han permitido aumentar la vida media de las tradicionales de acero inoxidable, e incluso de las aleaciones avanzadas de cromo-cobalto, o titanio-aluminio-vanadio.

En el campo de la **regeneración de tejidos** se están utilizando soportes (normalmente un sistema polimérico poroso y biodegradable) sobre el que se cultivan las células del paciente y que posteriormente se implanta en el organismo. Este soporte también puede implantarse directamente en el cuerpo del paciente en el lugar a reparar. En este caso se añaden los factores de crecimiento para estimular el proceso de regeneración.

4.6. MATERIALES BIOINSPIRADOS

Suelen llamarse también materiales **biomiméticos**. Son materiales fabricados imitando formas y funciones propias de los sistemas biológicos. En otras palabras, a partir de la observación de la naturaleza el hombre intenta copiar los métodos de fabricación de determinados materiales, o bien copiar las estructuras subyacentes de algunos materiales que generan los organismos vivos.

En la naturaleza podemos encontrar materiales sorprendentes, desde el mundo nanoscópico de las proteínas hasta estructuras macroscópicas como el caparazón de una ostra, los hilos de una tela de araña o el tejido óseo.

Ésta es la razón por la cual existen diversos proyectos de investigación en un área con un elevado grado de mestizaje entre la biología, la química y la ciencia de materiales. Para darnos una idea de las posibilidades que ofrecen los materiales biomiméticos, demos una mirada a algunos ejemplos significativos.

- Cuando un cuerpo se desplaza a gran velocidad en un fluido se generan turbulencias que provocan pérdidas de energía en forma de calor. Un ejemplo donde la naturaleza ha logrado reducir al mínimo estas pérdidas es la **piel del tiburón**. La razón de esta ventaja reside en su microestructura, cubierta de pequeñísimas escamas con forma similar a la de sus dientes, que canalizan la corriente del fluido y evitan los vórtices. Tal es la efectividad de estas superficies micro-estructuradas que, ya se utilizan en la confección de bañadores de competición, y está en estudio su uso para reducir el consumo de combustible de barcos y aviones, entre otras aplicaciones.
- Otro caso es la extraordinaria capacidad de adhesión que poseen los **dedos de los geckos**. Poseen estructuras de fibras que se ramifican en varios niveles. Los extremos de estas fibrillas interaccionan con cualquier tipo superficie a través de interacciones electrostáticas débiles. El conjunto forma una especie de cepillo que, con millones de puntos de contacto, se adapta a cualquier superficie, se adhiere instantáneamente, y se “despega” también con gran facilidad cuando las fibrillas se retraen gradualmente. Ya se diseñan y fabrican cintas adhesivas poliméricas con nanofibras idénticas a las del gecko, que no requieren de ningún “pegamento”, se adaptan a cualquier tipo de superficie y no se gastan.

4.7. MATERIALES SUPERCONDUCTORES

El descubrimiento de la **superconductividad** es uno de los más sorprendentes de la historia de la ciencia moderna.

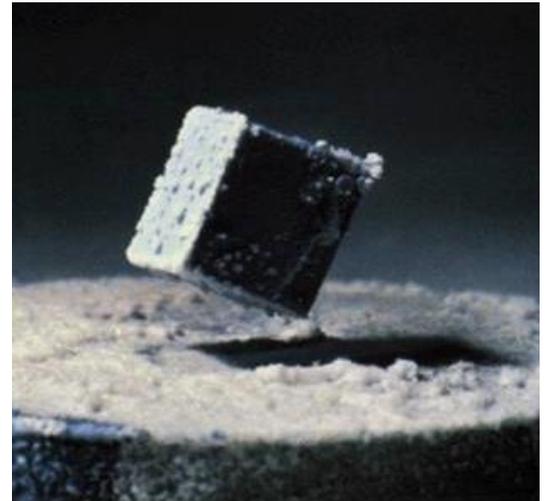
Para entender este fenómeno debemos recordar que los metales, aunque son buenos conductores de la electricidad, presentan una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica.

En un material superconductor esto no ocurre, ya que, por debajo de una cierta temperatura, no ofrecen ninguna resistencia al paso de la corriente.

Si contásemos con generadores, líneas de transmisión y transformadores basados en superconductores, aumentaríamos la eficiencia, disminuyendo el impacto medioambiental.

Actualmente se aplican imanes superconductores en equipos de **resonancia magnética**, que se utilizan en investigación y en hospitales

Otra aplicación es la **levitación magnética**, propiedad que se está aplicando en un prototipo de tren, fabricado en Japón, basado en levitación con superconductores. Se evita así el rozamiento con la vía y se pueden alcanzar 550 Km. /h.

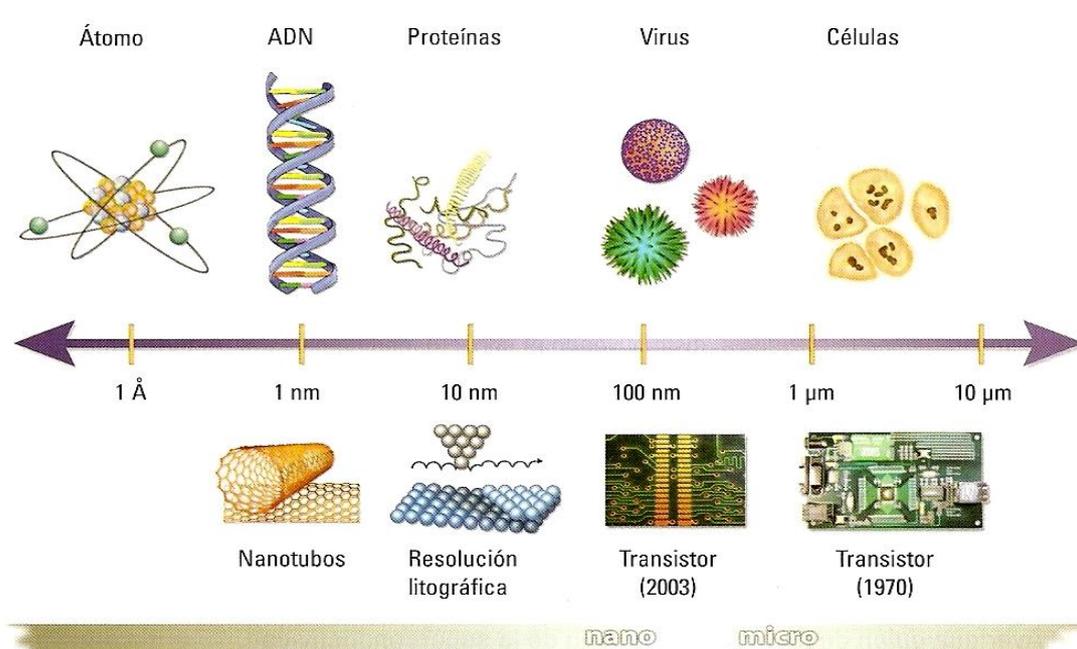


5. LA NANOTECNOLOGÍA

Las propiedades de la materia a la escala ordinaria dependen de las interacciones de un número colosal de átomos, electrones y fotones, pero cuando descendemos a la escala de esas partículas las reglas cambian y se presentan fenómenos sorprendentes que estudia la física cuántica y trata de aprovechar la nanotecnología.

La **nanotecnología** es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten controlar la producción de estructuras a escala atómica.

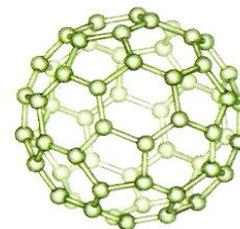
Su nombre procede de una unidad de longitud pequeñísima, el nanómetro. Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro ($1 \text{ nm} = 10^{-9}$ metros). Si midiéramos 1 nm de altura, el espesor de una hoja de papel nos parecería un acantilado de ¡100 km de altura!



Lo más habitual es que los sistemas nanométricos tengan entre uno y cien nanómetros y que abarquen desde unas decenas hasta unas centenas de átomos o moléculas.

La nanotecnología es una necesidad que surge debido a las limitaciones en el modo tradicional de construcción de los dispositivos tecnológicos.

En 1985, investigadores de la Universidad de Rice (EE.UU.) y Sussex (Gran Bretaña), tratando de identificar las formas de carbono presentes en la atmósfera exterior de las estrellas rojas gigantes, observaron que, cuando mediante una irradiación láser, el carbón era vaporizado en ambiente de gas inerte (helio) y enfriado lentamente, se formaban espontáneamente agregados de carbono en forma de estructuras perfectamente redondas de 60 átomos, similares a una pelota de fútbol. Estas moléculas fueron bautizadas como **fullerenos** y constituyen el descubrimiento más famoso en la historia de la nanotecnología, algo que le valió al grupo el Nobel de Química en 1996.



Estructura del fullereno C_{60} .

A finales de los 80, este mismo grupo de investigadores empleó fullerenos para construir delgadas estructuras tubulares de varios miles de átomos de largo: los **nanotubos**. A partir de estos descubrimientos, miles de grupos de investigación en todo el mundo han estudiado las propiedades físicas y químicas de estas moléculas.

La nanotecnología es una tecnología esencialmente multidisciplinar. Se ha dividido en tres áreas:

- La que utiliza materiales inorgánicos (metales, carbono y elementos similares)
- La que utiliza estructuras orgánicas (enzimas o ADN)
- La que combina elementos orgánicos e inorgánicos y que es la que más expectativas despierta.

Las repercusiones de la nanotecnología serán considerables en todas las áreas de la industria y en la vida cotidiana, en informática, medicina, construcción, medioambiente; y aún otras muchas aplicaciones.

- En **informática**. el acceso a memorias de un terabyte -comparables a la de un cerebro humano obliga a especular sobre la inteligencia artificial.
- En **medicina** podrían construirse dispositivos diminutos que, en cantidad suficiente, recorrieran el cuerpo humano detectando, de manera precoz, ciertas enfermedades como el cáncer, y también sería posible introducir máquinas-enzimas que depositaran en el lugar apropiado una cantidad mínima de fármaco, de forma que se suministrasen tratamientos terapéuticos sin apenas afectar al organismo.
- En **industria**. se podrían diseñar materiales a la carta, podrían seleccionarse máquinas que aprovecharan los residuos para autogenerarse o generar dispositivos que aprovecharan la energía de manera más eficaz.

6. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL FUTURO

Conseguir mejores materiales supone un reto y un gran esfuerzo cuando se están rozando los "límites de lo imposible". En esta situación, gobiernos y empresas privadas deben compartir recursos en un entorno complejo donde las patentes generan grandes beneficios si se logra el éxito. Pero también exigen muchas inversiones, así como un personal altamente cualificado.

La Unión Europea apoya la investigación en torno a grandes proyectos como la construcción aeronáutica (Airbus), la lanzadera espacial europea Hermes o el acelerador de partículas LHC, construido por el Consorcio Europeo para la Investigación Nuclear (CERN). Aparte de estos proyectos de una gran envergadura, existen multitud de empresas, universidades y centros de investigación que constituyen el entramado denominado I + D (investigación y desarrollo).

a) Investigación y desarrollo (I + D)

I + D representa el esfuerzo conjunto de toda la sociedad para el avance de la investigación científica y su aplicación al desarrollo técnico y económico. Las actividades de I+D implican a diferentes sectores:

- **Investigación fundamental y aplicada** realizada en las universidades y otras entidades públicas dedicadas a la investigación, como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- **Investigación aplicada** realizada en el seno de grandes empresas nacionales y multinacionales.
- **Aplicación de nuevos conocimientos en innovación empresarial** llevada a cabo por pequeñas y medianas empresas (PYME).

El Gobierno, en colaboración con las comunidades autónomas, elabora planes para apoyar y coordinar el desarrollo en I + D canalizando los recursos económicos a través de ayudas a la investigación.

Para fomentar la transferencia de conocimientos desde el mundo académico hacia los sectores productivos existen instituciones como la FECYT (Fundación Española de Ciencia y Tecnología) que fomenta las relaciones ciencia-tecnología-empresa, identificando necesidades y ofreciendo recursos económicos.

b) Plataformas tecnológicas

Los grandes proyectos científicos exigen inversiones económicas durante plazos muy prolongados. Los promotores de estas iniciativas deben convencer a los administradores políticos de su rentabilidad social a pesar de que, en muchos casos, los objetivos que se persiguen son de ciencia básica sin aplicación práctica evidente. Por otra parte, es razonable que la sociedad quiera saber por qué se gastan esos recursos en unas investigaciones, por lo general, difíciles de comprender por el ciudadano medio.

Las razones por las que estos proyectos se justifican son:

- **Contribución al saber humano** ampliando los horizontes culturales de millones de personas.
- **Apertura de nuevas fronteras científicas** de las que resulta imposible predecir las aplicaciones futuras.
- **Retornos tecnológicos** inmediatos con aplicaciones prácticas que mejoran la calidad de vida.

Un ejemplo de estas tres contribuciones se encuentra en la llamada "aventura espacial". El mundo actual no se entendería sin una tecnología que permitiera las telecomunicaciones vía satélite. Pero tampoco sin el uso de cremalleras, los recubrimientos de teflón, las cámaras digitales, las pilas de combustible, los pañales absorbentes y un largo etcétera imposible de resumir aquí y que son consecuencia de proyectos de investigación espacial.