


A black and white microscopic image showing a dense, repeating pattern of circular and ring-like structures, likely representing a polymer lattice or a specific type of plastic material. The structures are arranged in a somewhat regular, grid-like fashion, with some larger, more distinct rings and many smaller, more intricate patterns. The overall appearance is that of a complex, crystalline or semi-crystalline material.

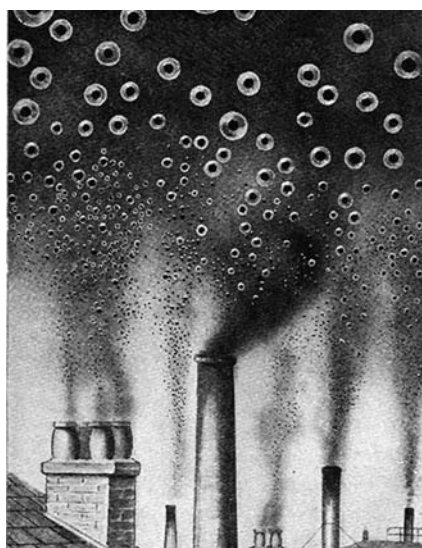
Futuro en los **plásticos**



Emmanuel T. Carballo Gutiérrez

Uno de los mayores desafíos que enfrentamos los arquitectos e ingenieros hoy día es alcanzar un equilibrio entre las necesidades de construcción de una población global creciente y la protección del ambiente y la salud humana. Los materiales plásticos, que forman parte de los polímeros, no sólo hacen posible dicho equilibrio, sino que son además el material idóneo para alcanzar un equilibrio económico y ambiental, y cumplir al mismo tiempo con las necesidades de diseño funcional y planeamiento creativo.

Los polímeros (del griego *poly*, muchos, y *meros*, parte, segmento) se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas. Existen polímeros naturales como el algodón, formado por fibras de celulosas, material que se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se em-



plean para hacer telas y papel. La seda y la lana son también polímeros, al igual que el hule de los árboles del caucho y los arbustos de guayule.

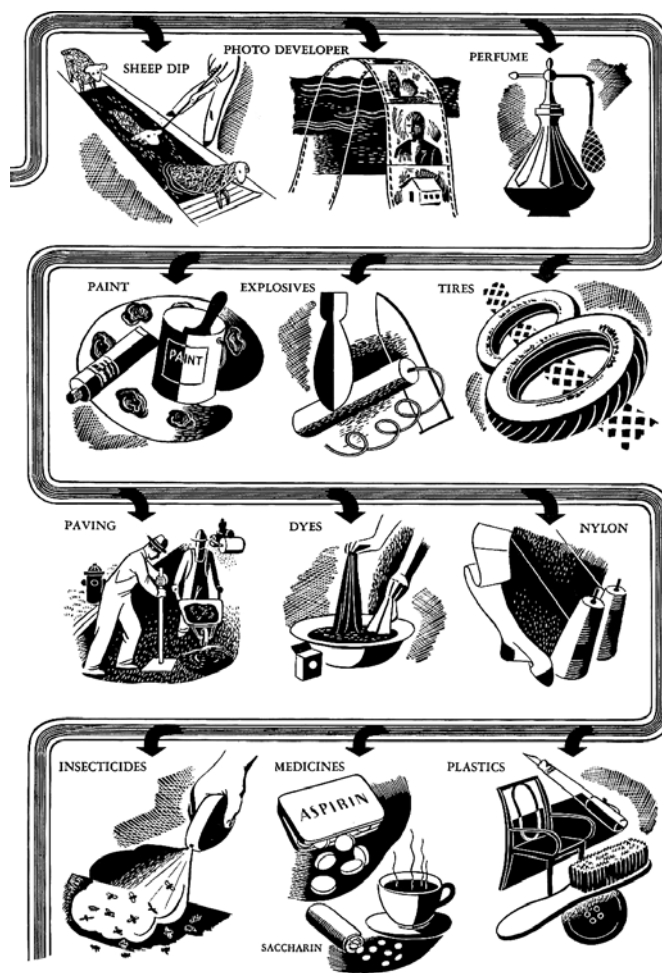
Sin embargo, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituídos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas, ya que en general tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen —su fuerza de atracción intermolecular depende de la composición química del polímero, por lo que puede ser de varias clases.

Las moléculas de los polímeros son, por lo menos aproximadamente, múltiples de unidades de bajo peso molecular llamadas monómeros. Si el polímero es rigurosamente uniforme en peso molecular y estructura molecular, su grado de polimerización es entonces indicado por un numeral griego, que depende del número de unidades de monómero que contiene —así, hablamos de dímeros, trímeros, tetrámero, pentámero y sucesivos, con políme-

ro se designa una combinación de un número no especificado de unidades, y si el número de unidades es muy grande, se usa la expresión de “gran polímero”. Las moléculas individuales de un polímero pueden ser distintas en peso molecular, composición química y estructura molecular. Ciertamente, hay polímeros naturales como ciertas proteínas globulares y polícarbohidratos, cuyas moléculas individuales tienen el mismo peso molecular y la misma estructura molecular, pero la gran mayoría de los polímeros sintéticos y naturales importantes son mezcla de componentes poliméricos homólogos. La pequeña variabilidad en la composición química y en la estructura molecular es el resultado de la presencia

de grupos finales, ramas ocasionales, variaciones en la orientación de los monómeros y la irregularidad en el orden en que se suceden los diferentes tipos de esas unidades en los copolímeros. Estas variedades en general no suelen afectar las propiedades del producto final, aunque se ha descubierto que en ciertos casos hay variaciones en copolímeros y en polímeros cristalinos.

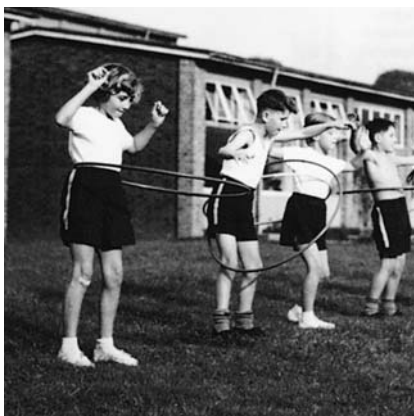
El comportamiento mecánico de los materiales poliméricos depende en forma muy especial de la temperatura y la duración de los esfuerzos estáticos o la frecuencia de los dinámicos. En la teoría del comportamiento viscoelástico se describen los procesos de modificación de las materias poliméricas en donde participan las deforma-





ciones forzadas de las macromoléculas y su deslizamiento mutuo, como una superposición de las modificaciones de cuerpos de Hooke que actúan como resortes y de la fluidez viscosa del líquido newtoniano que actúa como amortiguador. Así, resortes y amortiguadores actúan conjuntamente, como si estuvieran conectados.

Es por esto que al aumentar la temperatura, los resortes se hacen menos rígidos y los líquidos amortiguadores menos viscosos, al igual que ocurre cuando aumenta el tiempo de actuación de una tensión —aunque hay polímeros de alta flexibilidad, como el PVC, y plásticos rígidos armados me-

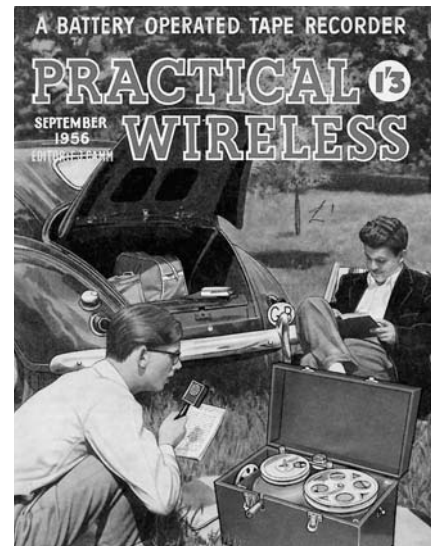


dante insertos reforzantes que presentan altos valores de resistencia sobre un intervalo de temperaturas considerables. Actualmente, para todos los plásticos que se utilizan en construcción se dispone de diagramas de líneas de alargamiento y de tensión en función del tiempo y del intervalo de temperaturas de aplicación.

Pasado y presente

En la década de los setentas se produce una transformación vertiginosa en la aplicación del plástico, en la cual se pasa de las iniciales connotaciones limitantes del plástico al trabajo de exploración para el futuro de las jóvenes generaciones, que desemboca en el comienzo del desarrollo efectivo de las aplicaciones reales del plástico en la construcción, y se cierra de forma repentina con la crisis del petróleo de principios de esta década. El alza súbita de los precios del crudo provocó la crisis completa de los valores que habían impulsado el optimismo de la década anterior, y la responsabilidad en el gasto energético, la eficiencia de los sistemas y la necesidad de pensar a largo plazo provocaron que la escasa durabilidad del plástico, su origen en los combustibles fósiles y su relación con el mundo del consumo, lo carguen de connotaciones negativas. La gráfica se invierte, el plástico deja de ser un material positivo y optimista que parece acercar el futuro a nuestras vidas, y su utilización se percibe como irresponsable. Sin embargo, su desarrollo industrial no cesa, y paralelamente a su desaparición como material de elementos vitales, los sistemas constructivos renuevan sus elementos auxiliares utilizando fundamentalmente polímeros.

Su utilización se hace frecuente e incluso comienza a competir con ma-



teriales tradicionales, en conducción, aligeramientos, adhesivos, pinturas, pavimentos e impermeabilizantes entre otros. Pero donde su utilización se hace casi universal, gracias a la colaboración estatal indirecta bajo la forma de la normatividad, es en el campo de los aislantes. Como consecuencia de la crisis energética, en buena parte de los países occidentales se regula por ley el coeficiente de transmisión térmica de los aislantes, y los plásticos encuentran un campo fértil a sus propiedades.

Treinta años después, la época oscura parece haber concluido; la ciencia sigue produciendo nuevos materiales de síntesis cada vez más especializados



y de mayores prestaciones, a la vez que el aura negativa del plástico parece haberse disipado, al mismo tiempo que se incrementa el interés por su reciclabilidad. La determinación tridimensional digital de la forma y los sistemas de control numérico han abierto nuevas perspectivas en los últimos años en el análisis estático, la fabricación de moldes y la compatibilidad entre la seriación de las piezas y la construcción de formas complejas. Si en los setentas la responsabilidad en el uso de los recursos disponibles llevó a la desaparición de los plásticos de la escena, ahora los arquitectos desvían su mirada hacia campos marginales en donde la utilización de polímeros es frecuente para llevar a cabo una arquitectura económica, inmediata y libre de toda sofisticación innecesaria.

El mundo de la producción agrícola intensiva se ha convertido en un campo al cual recurrir en pos de la incorporación de las técnicas e imagen del plástico. La llamada Casa Latapie, construida en Francia en 1993, utiliza directamente una piel de plástico ondulado y transparente, originalmente de PVC y que se sustituiría posterior-



mente por policarbonato, para acondicionar climáticamente y ampliar un núcleo revestido de contrachapado. La Casa Barak, de 2001, o la Casa Coutras, de 2000, también en Francia, emplean la imagen y los sistemas materiales de los invernaderos para proponer una arquitectura positivamente efímera que acepta la escasa durabilidad del material como equilibrio añadido a su costo y propiedades.

Por otra parte, el desarrollo del PET como material transparente de alta reciclabilidad —realizado en 1973 entre Pepsi Cola y DuPont— abrió la puerta al de plásticos que incorporan su propia reciclabilidad como condición de diseño y, por extensión, al diseño de materiales de reciclado que pudieran utilizar el desperdicio de los residuos plásticos como material de base.

En este paisaje cada vez mas amplio y plural de las aplicaciones de los materiales de síntesis y sus implicaciones arquitectónicas, también tiene lugar la “nostalgia del futuro” y la recuperación de ciertos beneficios de la arquitectura de la década de los setentas. Acompañados en algunos casos del desarrollo de las familias de los fluorados —que ya había permitido anteriormente la popularización de las cubiertas de grandes claros, ligeras y translúcidas

con revestimientos de teflón—, así como de geometrías complejas que han hecho posibles las técnicas de modelado digital.

La creciente amplitud en la aplicación de estos materiales ha hecho que entren en la paleta de todo un grupo de arquitectos preocupados por cualidades visuales y perceptivas de los materiales más que de desarrollos tecnológicos específicos o de una utilización comprometida o ejemplar. La utilización de paneles de policarbonato celular machihembrados en el almacén Ricola en Mulhouse en 1993 por Herzog & de Meuron, que en su momento supuso la apertura a este material de un buen número de prácticas en Europa, los más recientes cerramientos de ETFE del Allianz Arena en Munich en 2005, también con la pareja suiza, y la incorporación de paneles moldeados y serigrafiados del cerramiento de la tienda de Christian Dior en Omotesando, en Tokio en 2003, efectuados por SANAA, abren la puerta a la amplia aceptación de las cualidades de los materiales poliméricos de síntesis artificial.

Su futuro

Actualmente se apunta a los polímeros como una de las áreas prioritarias de





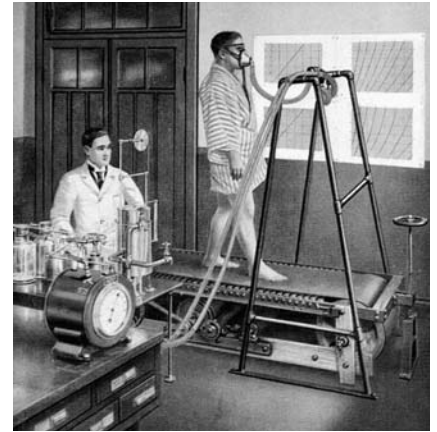
desarrollo mundial. Entre las líneas de investigación más destacadas se hallan las siguientes: 1) diseños en la estructura molecular para que puedan elegirse y combinarse propiedades y funciones diversas; 2) materiales biocompatibles en el ámbito de la traumatología, odontología, cirugía, etcétera; 3) procesos de reciclado de plásticos que reduzcan su impacto ambiental; 4) materiales reforzados con una alta resistencia mecánica combinada con otras propiedades y funciones como los nanotubos de carbono —elementos de dimensiones extraordinariamente pequeñas cuya resistencia es cien ve-



ces superior a la del acero; 5) control de la degradación al ser sometidos a condiciones ambientales severas de humedad, temperatura o resistencia al fuego; 6) los plásticos, por ser materiales maleables y de baja densidad, se emplean en campos muy diversos, como aeronáutica (convenientemente reforzados con fibras de vidrio o de carbono), automoción, telecomunicaciones (fibras ópticas), etcétera. En el campo de la medicina las aplicaciones son también enormes: implantes, ortopedia, fármacos, fabricación de plasma artificial e incluso hay proteínas necesarias para el cuerpo humano que también se pueden sintetizar artificialmente.

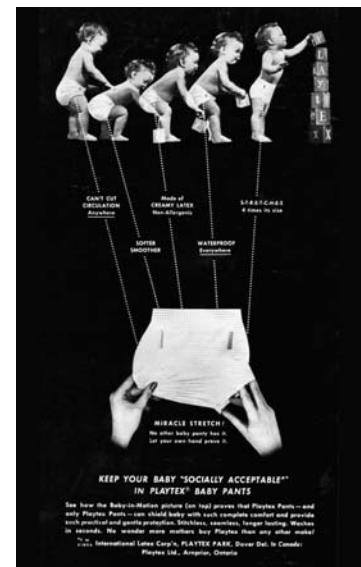
Según su uso, se pueden distinguir tres clases: a) polímeros de uso general, como PVC, PS, poliacrilatos y metacrilatos, resinas epoxi, etcétera; b) polímeros técnicos o de ingeniería, que preservan sus propiedades por debajo de 0 °C y a más de 100 °C, como policarbonatos, poliamidas, polisulfonas, etcétera; c) polímeros especiales, de elevado precio, con altas prestaciones en cuanto a sus propiedades térmicas y mecánicas, normalmente con aplicaciones muy específicas. Es aquí donde se están realizando los avances más sobresalientes: polímeros fluorados como el teflón, muy resistentes incluso a altas temperaturas, cristales líquidos empleados en las pantallas planas e cualquier pantalla o televisor, polímeros electroactivos que conducen electricidad en lugar de servir como aislantes, polímeros fotosensibles o biopolímeros, cada vez más empleados en cirugía y prótesis.

Buscando una solución a los problemas que conlleva el uso de los plásticos, científicos e ingenieros vienen desarrollando plásticos biodegradables obtenidos a partir de fuentes renova-



bles, como las plantas. Un material es biodegradable cuando puede ser degradado a sustancias más simples por la acción de organismos vivos, y de esta manera ser eliminado del ambiente. La razón por la cual los plásticos tradicionales no son biodegradables es porque son polímeros demasiado largos y compactos como para ser atacados y degradados por los organismos descomponedores. Pero los plásticos basados en polímeros de plantas tienen una estructura que puede ser destruida por los microorganismos.

El almidón es un polímero natural, un gran hidrato de carbono que la plan-





ta sintetiza durante la fotosíntesis y le sirve como reserva de energía. Los cereales, como el maíz, contienen gran cantidad de almidón. El almidón puede ser procesado y convertido en plástico, pero como es soluble en agua, se ablanda y deforma cuando entra en contacto con la humedad, limitando su uso. Este problema puede ser solucionado modificando el almidón. Primero, el almidón se extrae del maíz, luego los microorganismos los transforman en una molécula más pequeña (un monómero), el ácido láctico. Después, este ácido láctico es tratado quí-



micamente de manera que forme cadenas o polímeros con una estructura molecular parecida a la de los de origen petroquímico, que se unen entre sí para formar el plástico llamado ácido poliláctico (PLA por sus siglas en inglés). Otra manera de hacer polímeros biodegradables es empleando bacterias que fabrican gránulos de un plástico llamado polihidroxialcanoato (PHA). Las bacterias pueden crecer en cultivo y el plástico ser extraído fácilmente.

En Japón buscan independizarse del petróleo, y la respuesta está en el maíz. Los principales avances con los motores de hidrógeno tienen el sello nipón, y la energía solar ha conocido sus mayores avances en aquél país. Fueron los primeros en eliminar los metales pesados en la fabricación de las computadoras, y en estos avances ha pesado mucho la ecología. No en vano el gobierno de Tokio cuenta con la legislación medioambiental más exigente y predica con el ejemplo. Para participar en cualquier concurso de suministros informáticos para el Estado, las computadoras deben cumplir una serie de requisitos que minimicen su impacto contra el medio ambiente. A este escenario se le sumó el alza del petróleo.

Preservar los escasos recursos petrolíferos y prevenir el calentamiento global de la Tierra son los argumentos que alegan Nec, Fujitsu, Sanyo, Pioneer y Sony para sus ensayos con plásticos obtenidos de los vegetales. Pero es el maíz el candidato mejor situado para quitarle a los ordenadores su olor a petróleo. Sanyo, uno de los impulsores del PLA, estimó en su momento que se necesitaban 85 granos de maíz para hacer un disco compacto, una mazorca para diez discos, y el año pasado fue de los primeros en anunciar la fabricación un de CD a base de maíz,



MildDisc, aunque postergó su lanzamiento hasta tener más pruebas de resistencia térmica.

NEC, que ya usa al PLA en algunas placas madre, pretende que, para 2010, 10% del material que lleven sus ordenadores proceda del maíz. Fujitsu ya comercializa PC hechos con bioplásticos. Se trata de los portátiles FMV Biblo y Lifebook, y el ordenador de sobremesa Deskpower. Ambos equipos sólo se venden en Japón y en la franja oriental de Asia. Pioneer anunció este año el primer disco óptico Blu-Ray, la próxima generación de discos DVD



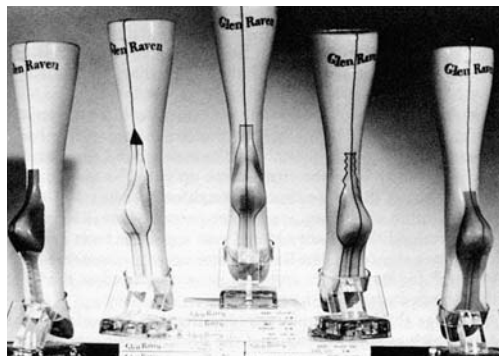
hechos de maíz. El disco, sin fecha para su comercialización, tiene 87% de polímero de ácido poliláctico (PLA), es biodegradable, puede ser destruido con facilidad sin emitir gases tóxicos, y su capacidad es de 25 Gigas. Las empresas Sony y DoCoMo de Japón crearon conjuntamente el primer teléfono celular hecho de plástico vegetal. En Estados Unidos, las empresas químicas y agrícolas tejen alianzas para hacer desde envases hasta ropa con materiales derivados del maíz y otras plantas. En una planta de Nebraska,

una alianza entre Cargill Inc. y la química Dow está fabricando un material plástico extraído del maíz, llamado Ingeo. Con el material y la fibra se hacen frazadas y envases de alimentos.

A modo de conclusión

Además de los plásticos existen muchos otros materiales que en un futuro no muy lejano revolucionarán el diseño de las nuevas construcciones, tanto por sus aplicaciones como por que lograrán un mejor empleo de los

recursos energéticos y tendrán un impacto ambiental menor. Científicos y tecnólogos se afanan en crear nuevos materiales y en descubrir nuevas posibilidades para los antiguos. Diseñar y construir implica un conocimiento de los materiales. Sus características tecnológicas son la llave para un nuevo y más eficiente uso de los mismos. Su comprensión es la clave de la diferenciación, y su aplicación la realidad palpable del mundo que habitamos. 🌀



Emmanuel Tzontemoc Carballo Gutiérrez
Facultad de Arquitectura,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Warren, A. James. *Architectural Design*, vol. 76, núm. 2, pp. 88-95.

Carballo, Emmanuel. 2006. "Protocolo de investigación: *el plástico como material estructural*". Posgrado de Arquitectura, UNAM México.

Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (ONUDI). 1993. *Estado actual y perspectivas futuras de las industrias petroquímicas de productos derivados en los países en desarrollo*. Documento-debate. Teherán.

<http://www.asades.org.ar/ideasnoticias/plasticosbiodegradables.htm>

http://www.foroalfa.com/A.php/Teoria__practica_e_innovacion/24

<http://www.arquitectura.com.ar/monografias-de-arquitectura/el-plastico/>

IMÁGENES

Pp. 62-63: vertedero de neumáticos, California, 2004. P. 64: esquema del uso de los plásticos. P. 65: anuncio publicitario; portada *Practical wireless*, septiembre, 1939; alumnos de la escuela primaria mixta de Mount Stewart, Middlesex, 1958; integrantes de la sección británica del Club de fans de Liberace, 1956. Pp. 66-69: anuncios publicitarios. P. 68: mujeres en una tienda de Croydon se dejan pintar las piernas para simular que llevan medias, 1941.

The future of plastics

Palabras clave: polímeros, plásticos, prospectiva.

Key words: polymers, plastics, prospective.

Resumen: En este artículo se presenta una definición de los polímeros, junto con una breve historia de los mismos, tomando como punto de partida el "boom" surgido en los años setentas, terminando con una prospectiva que nos podría indicar hacia donde se dirigen los polímeros y cómo es que debemos de afrontar el futuro de la mano de nuevos materiales.

Abstract: In this article the author presents a definition of polymers, together with a brief overview of their history, starting from the boom of the nineteen seventies and ending with a speculative perspective on where polymers are headed and how we can face the future equipped with new materials.

Emmanuel Carballo es arquitecto egresado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, donde actualmente está realizando una maestría en Arquitectura en el campo de Tecnología, con el tema de los Polímeros en Arquitectura.

Recibido el 16 de marzo de 2008, aceptado el 11 de noviembre de 2008.