

Nuevos materiales en la construcción¹

Ignacio de Oteiza*

La evolución del hombre ha estado íntimamente ligada a los materiales, a las materias primas disponibles, no solamente para la construcción sino también para la fabricación de útiles, es por ésto que en el desarrollo de la humanidad estudiamos las épocas en muchos casos en función del material que utilizaron los hombres: Paleolítico, Neolítico, Hierro, Bronce.

La selección, modificación y elaboración del material es parte de la cultura humana.

Nuestra época está signada también por los nuevos materiales que han aparecido o que se han producido, por supuesto con mucha mayor rapidez, dado el avance científico y en especial el dominio experimental de los materiales, descubriendo sus propiedades en función de su estructura molecular y de su composición interna, permitiendo transformarlos de acuerdo a las necesidades.

Los Materiales de Construcción

Según el origen los materiales se pueden dividir en dos grandes grupos: **los naturales** como la piedra, el barro, la madera, etc. **y los artificiales**, que se obtienen por la transformación voluntaria e inteligente de las materias naturales.

Estos no son nuevos, el primer material creado por el dominio de la inteligencia humana es el ladrillo, el hombre utiliza para su obtención los 4 elementos básicos Tierra, Aire, Fuego y Agua. «El barro se hizo piedra al calor del fuego» (Torroja, 1960). El hombre comenzó a fabricarlos en serie con un tamaño y un peso que permitió su manejo con una sola mano.

Pero no se trata de hacer una cronología de la aparición o utilización de los materiales, demos un gran salto hasta nuestra época.

Se puede afirmar que actualmente la relación entre el hombre y la materia se ha alterado, por lo general se adaptan los materiales a nuestras necesidades, eso no es lo que comunmente se hace en construcción, pero en otras áreas como la aeronáutica, el automovilismo, los deportes, en donde se trata de batir un récord por una centésima de segundo o por un milímetro, el material se fabrica a la medida como ejemplos, en la aeronáutica: los aviones supersónicos que deben resistir temperaturas por encima de los 1800 °C, en el automovilismo donde por el uso de los materiales el peso medio de un vehículo desde el año 74 hasta nuestros días descendió en un 15%, lo que ha permitido reducir el consumo de gasolina en 1000 litros por vida útil de un vehículo. En el campo deportivo basta con observar el calzado, la vestimenta, los tejidos de un corredor de 100 metros, o el material con el que esta hecha la garrocha que es de fibra de carbono, al igual que las bicicletas que utiliza cualquier ciclista profesional donde el peso del vehículo es inferior a los 2.5. Kilos, o el casco y el mástil de cualquier embarcación de vela que está fabricado con materiales super resistentes y muy ligeros.

Se puede afirmar, sin ninguna duda, que en la historia de la construcción, en referencia a los materiales, se ha seguido la búsqueda en dos direcciones: disminución del peso y aumento de la resistencia lo que ha posibilitado la obtención de mayores luces.

Comparando el peso de edificaciones en diferentes épocas vemos como:

•Una pirámide egipcia	30.000 Kg/m ²
•Un templo de Babilonia	3.000 Kg/m ²
•Un templo griego	2.500 Kg/m ²
•Una construcción romana	2.000 Kg/m ²
•Una catedral gótica	800 Kg/m ²
•Una estructura espacial	20 Kg/m ²

¹Conferencia dictada en el II Congreso Internacional: Energía, Ambiente e Innovación Tecnológica, realizado en Caracas, Venezuela, en Noviembre de 1995.

*Doctor. Arquitecto. Profesor Titular Facultad de Arquitectura, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela. Investigador NI. Sistema de Promoción al Investigador del CONICIT.

La invención espera a la creación del material

(Pérez Arroyo 1991):

- La máquina de vapor ———> Hierro
- La viga del puente ———> Concreto armado
- La información ———> El Silicio

Es a partir del siglo XIX y con la utilización del acero cuando se logra dar un importante salto cuantitativo en la reducción del peso y el aumento de las luces en las edificaciones.

Los Nuevos Materiales:

Los materiales de nuestra era son exactos y precisos, su proceso de fabricación es industrial, su producción es en serie, con un control de calidad riguroso, los problemas que debemos resolver con los materiales se pueden medir: deformación, resistencia mecánica, aislamiento térmico, acústico, durabilidad. Las respuestas también se pueden medir incluso antes de fabricarlos.

Los **materiales son artificiales**, a la medida de las necesidades, ya ésto no es un problema tecnológico; aunque si puede ser un problema económico en especial en nuestros países en vías de desarrollo.

Materiales nuevos más utilizados en la edificación

El Acero: Aunque el hierro era un material conocido y utilizado en la construcción, no es sino hasta finales del siglo XIX cuando comienza el acero de aleación, que permitirá dar unas prestaciones mucho mejores a este material.

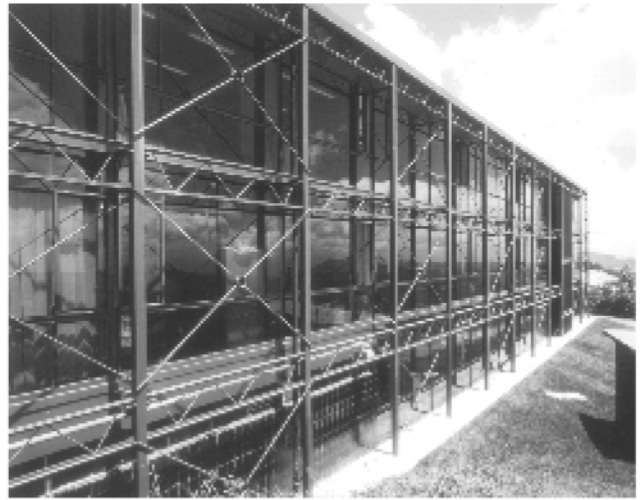
Las aleaciones, permiten diseñar el material a escala microscópica, añadir algún otro material con una o varias características especiales que mejoren las prestaciones del acero.

Como ejemplo del acero con aleaciones y las prestaciones que ofrece cabe destacar:

- Carbono: Mayor dureza, resistencia a tracción.
- Cromo: Mayor resistencia, tenacidad y resistencia a la corrosión.
- Manganeso: Facilita la forja, su trabajabilidad.
- Molibdeno /Tugsteno: Mejor comportamiento a altas temperaturas.
- Silíce: Facilita la soldadura.
- Vanadio: Mejora la resistencia al impacto.

El Aluminio: Es el metal más común en la naturaleza, sin embargo nunca está presente en el estado libre. La Bauxita contiene un 45-60% óxido de aluminio. Es a comienzos de nuestro siglo cuando se inicia la producción industrial del aluminio.

Una gran ventaja es que tiene 1/3 del peso del acero, pero su resistencia es también menor que la del acero, sin embargo a través de aleaciones con otros metales es posible mejorar sus propiedades, llegando



EDIFICIO INSTITUTO DE INGENIERÍA, 1993.

en algunos casos a tener resistencias superiores a las de los aceros bajos en carbono. Su trabajabilidad es mejor y no tiene tantos problemas como el acero ante la corrosión.

Entre los metales que se utilizan para aleación con el aluminio para mejorar sus prestaciones, están: el cobre y el manganeso que aportan ductilidad, el Silicio que reduce su punto de fusión o el Magnesio, el Zinc, entre otros.

Los Polímeros: Es a través del desarrollo de la química orgánica donde más avances ha habido en la obtención de nuevos materiales, mientras la mayoría de las sustancias inorgánicas poseen pequeñas moléculas formadas por 2 a 8 átomos, las sustancias orgánicas están compuestas por grandes moléculas de hasta cientos y miles de átomos de carbono formando extensas redes. Estas moléculas se rompen fácilmente y permiten su transformación y unión con otras. Entramos en el campo de la química desconocido en muchos casos para nosotros los arquitectos.

La química orgánica comenzó a producir nuevos materiales, los polímeros, en 1896 que se produce el celuloide, en 1909 Bakeland sintetizó la Baquelita, poco después aparece el Neopreno (o caucho sintético) y así fueron apareciendo infinidad de materiales como el Nylon, Teflon, Poliester, PVC, Poliuretano... La lista de compuestos «por encargo» se puede decir que es interminable. Los químicos fabrican un material nuevo que tiene las propiedades deseadas a partir del Aire, Agua, Carbón, Petróleo, etc.; materias generalmente abundantes en la naturaleza

El comportamiento de un polímero está determinado principalmente por el tamaño y forma de sus macro moléculas.

El Vidrio: Uno de los materiales más frecuentemente utilizados en la construcción es el vidrio, aunque es conocido desde la antigüedad. Son sus propie-

dades ópticas, su transparencia lo que ha dado un valor tan importante a este material, pero no es sino hasta hace poco, por las posibilidades que da la aleación, lo que ha permitido una especialización de este material, consiguiendo vidrios altamente especializados, inteligentes, que reaccionan ante los cambios de intensidad de luz. El trabajo en láminas que se señalará más adelante, ha permitido superar uno de los problemas del vidrio, su alto coeficiente de transmisión térmica.

Cercano al vidrio, por su composición química, se inventó recientemente un material denominado AE-ROGEL, altamente poroso, dióxido de silicio u otros óxidos de metales, más ligeros que el aire, lo que permitirá un aislamiento térmico excelente y teóricamente hace posible que la envoltura de un edificio tenga el mismo nivel de aislante, la parte opaca que la parte transparente, lo que plantea una revolución en los principios bioclimáticos (Achard, 1989).

Por el conocimiento y el avance tecnológico se ha podido responder con los nuevos materiales a condiciones que hasta ahora eran contrapuestas en un material, hoy es posible que un material sea ligero, a la vez que resistente mecánicamente y que tenga capacidad aislante.

Disponemos pues de materiales industriales, depurados, aleados, perfeccionados hasta límites no imaginados hace pocos años (Pérez E., 1991).

Materiales Compuestos (Composites)

Pero los anteriores son materiales homogéneos, aunque tengan aleación su estructura molecular es una conocida. El utilizar dos o más materiales conjuntamente, materiales híbridos, que complementen sus prestaciones, es quizás el futuro hacia donde se concentran las investigaciones de materiales con mayor fuerza. Los materiales compuestos o composites, abren un campo inmenso en la construcción. Se trata de especializar el material en una escala superior, ya no sólo en su estructura molecular, sino en la organización del material, determinar las funciones que deben cumplir cada material en el compuesto. Aunque esto no es un nuevo descubrimiento, él de los materiales compuestos, sí lo es su desarrollo y conocimiento en los últimos 30 años.

Un material compuesto está formado por una matriz o base y por fibras o armaduras que trabajan conjuntamente, complementándose de acuerdo a sus prestaciones. Se puede afirmar que el concreto armado es un material compuesto, aunque su matriz este conformada por diversos materiales.

Son innumerables las posibilidades de combinación de los materiales compuestos, destacan de acuerdo a la matriz:

- Los Polímeros: reforzados con fibras de polímeros, fibra vidrio, fibras metálicas.
- Los Metales: reforzados con otros metales o con fibras sintéticas
- Los vidrios: reforzados con fibras metálicas.
- Morteros de cemento: reforzados diversas fibras, GRC con fibras de vidrio.
- Yesos: con fibras artificiales o naturales.
- Cerámicas y arcillas: reforzadas.

Materiales como el concreto armado, el yeso, el concreto reforzado o los polímeros reforzados, son ya comunes encontrarlos en una edificación.

Uno de los problemas que más se investiga de estos materiales es la adherencia entre las fibras y la matriz y la compatibilidad química y física entre los dos materiales diferentes.

Las láminas o paneles tipo sandwich

Además de los materiales artificiales, aleados como el acero, el aluminio, los polímeros o el vidrio y de los materiales compuestos, indicados en la parte anterior, la industria de la construcción ofrece productos terminados como los paneles tipo sandwich o láminas que están conformadas por diversas capas. La arquitectura trabaja fundamentalmente con la superficie, con los planos, horizontales, verticales o inclinados y éstos cumplen diversas funciones, división, protección, estanquidad, transmisión de cargas, aislamiento térmico, aislamiento acústico, etc., en la mayor parte de los casos son diversas las funciones que debe cumplir una superficie. La industria elabora elementos compuestos y organizados por superposición de láminas. «LA SUPERFICIE SE ORGANIZA (P. Arroyo 91), cada lámina o cada capa, incluso la de menor espesor, cumple una función específica, se especializa el material, buscando además la ligereza y la resistencia.

La superficie busca: máxima eficiencia con espesor mínimo y máxima dimensión con el menor peso.

Se utiliza el material estrictamente necesario, ubicado en la posición precisa, que desarrolle óptimamente su función. Esto es a imagen de la naturaleza, basta con observar la piel, donde cada capa tiene una función, la dermis, la epidermis, la grasa subcutánea. O un tronco del árbol conformado por diferentes capas con funciones muy claras.

Existen los materiales para una respuesta específica, como temperatura, sonido, agua, que dan respuesta a una variable, pero la reunión de varios en una sección organizada es capaz de dar respuesta eficaz a diversas variables a la vez.

Veamos algunos ejemplos de estas láminas y su conformación:

- El panel tipo sandwich de dos capas metálicas con



PABELLON DE VENEZUELA EN SEVILLA, 1992 (DETALLE).

alma de poliuretano (Veniber en Venezuela, Roberston en USA, Prefisa en Europa), cualquiera de ellos está conformado por capas diferentes:

1. Baño de zinc o aleación de Zinc y aluminio. espesor de 20 micras.
2. Imprimación adhesiva y anticorrosión. Espesor de 10-15 micras.
3. Color y barrera de vapor, de poliéster - silicona. $e = 25$ micras.
4. Hoja resistente de acero perfilada. $e = 0,5$ mm.
5. Núcleo de espuma de poliuretano inyectado (diferentes espesores).
- 6 a la 9. la otra cara (idem a las anteriores).

Algunas características son: resistencia a flexión= 1400 kp/cm^2 , peso= 12 kp/m^2 , coeficiente de transmisión $0,59 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$, aislamiento acústico= $28,5 \text{ db}$ a 1000 Hz . Resistente al fuego, no inflamable.

Existe una gran variedad de estos paneles en la industria de la construcción con las características y prestaciones que se nos pueda ocurrir.

- Tableros contrachapados, compuestos por láminas de: una película fenólica, poliéster reforzado con fibras de vidrio, lámina de acero, cobre o aluminio, diversas capas de chapas de madera, capa de listones, capa de aglomerado de madera, y muchas más posibilidades.

- Tabiques de cartón Yeso: acabado de pintura, lámina de vinil, placa de cartón liso, lámina de aluminio que actúa como barrera de vapor, capa de yeso de 10 a 20 mm. de espesor y que además puede estar armada (Composite), núcleo de aire o poliestireno o poliuretano o planchas de fibra de vidrio o cartón en forma de colmena, etc.

- Fórmica, conformada por un tablero rígido de vermiculita con un núcleo de hojas de papel kraft impregnadas en resinas fenólicas.

- Láminas de vidrio, que obedece al propósito de obtener una lámina de vidrio especializada en su respuesta a los problemas como el aislamiento, seguridad, resistencia mecánica, refracción, etc. Como ejemplos los vidrios aislantes, compuestos por una o dos cámaras

de aire o de gas o de Aerogel, además con protección solar interna que se puede abrir y cerrar, con la posibilidad de utilizar en una de las capas, vidrios fotocromáticos. La tecnología ha resuelto la superficie del vidrio a través de la composición del panel de varias capas que satisface todos los requisitos de la pared: estanquidad, aislamiento, planeidad y capacidad estructural.

Los materiales de construcción y los países en vías de desarrollo

Estoy convencido que las diferencias entre el mundo desarrollado y el subdesarrollado son y serán por un tiempo cada vez mayores. Entre los países ricos y pobres, entre el norte y el sur, la brecha será más grande y esto incide en los materiales de construcción, en las edificaciones mismas como en cualquier otra actividad. Es posible que algunos edificios en Caracas o en otras ciudades del tercer mundo, todavía puedan ser realizados con la última tecnología, que se utilicen materiales sofisticados como el Aerogel, que los ventanales sean de dos o tres láminas de vidrio o que se utilice el último polímero desarrollado por alguna industria química, pero esto será cada vez más difícil para la gran mayoría del país.

Según Pierre Chemillier, presidente del Centro Científico y Técnico de la Construcción, el conocido CSTB de Francia, señalaba recientemente lo que esperan los países desarrollados de los materiales de construcción en los próximos 30 años. Indicaba que los materiales de construcción serán cada vez más especializados, ofreciendo las prestaciones requeridas para determinado empleo, se utilizarán nuevas fibras de gran resistencia como la Aramida, para los compuestos y en el tratamiento de las superficies. Es posible que el costo de algunos materiales nuevos descienda gracias a la industrialización y además los materiales de construcción deberán ser ecológicos, lo que significa que su producción, puesta en obra y destrucción (desechos) no deberá crear un problema ambiental. Los productos serán más inteligentes, se fabricarán en industrias altamente automatizadas.

Destaca en especial el desarrollo de los materiales polímeros, de gran difusión actual como el policloruro de vinil (PVC), el poliuretano, el poliestireno, los poliacetatos utilizados en las griferías y las fibras que permitan armaduras de gran resistencia mecánica. También las aleaciones en los materiales metálicos. Para los materiales minerales como las cerámicas y el concreto, se desarrollarán elementos de altas resistencias y gran dureza armados con fibras que permitirán producir elementos muy finos y hasta perfiles.

Existirá una gran diversidad de fibras sintéticas como las actuales de carbono, poliéster, polipropileno,

de vidrio o metálicas que posibilitarán un especial avance de los materiales compuestos. Gran cantidad de los nuevos materiales experimentados y utilizados en otros campos como la aeronáutica o el automovilismo se utilizarán en la construcción de edificaciones.

En nuestros países donde cada vez más una gran parte de la población no puede acceder a una vivienda mínima y digna, donde la gran demanda de los materiales está en estos grupos, el desarrollo de los nuevos materiales debe ser diferente, aunque debemos de conocer y estar al día con los avances tecnológicos internacionales.

Coincido plenamente con el arquitecto Cilentto (1995) cuando nos plantea la necesidad, en nuestros países, de un SINCRETISMO TECNOLÓGICO, donde convivan la tecnología avanzada con la tecnología popular, las grandes plantas de producción de acero, aluminio y petroquímicas con las pequeñas plantas de producción de pequeña escala con tecnologías intermedias o locales tales como: bloques, adobes, componentes constructivos sencillos, etc.

No debemos olvidar algunos datos importantes:

- Más de 60% de la población en nuestro país no tiene acceso a la oferta de construcción formal.
- En el sector informal el costo de los materiales representa el 64% del costo total de la construcción, en el sector formal de nuestros países representa el 43%, mientras que en los países desarrollados el material en una vivienda representa apenas el 17% del costo total

Otro aspecto fundamental es el consumo de energía para producir los materiales de construcción, es cada vez más importante en cualquier país lograr reducirlos consumos de energía, a continuación se señala lo

que cuesta producir una tonelada de diferentes materiales (Eurogypsum, 1976):

•Aluminio	84.000 kw/h
•Acero	13.000
•Vidrio liso	12.500
•Cemento	2.500
•Ladrillo/teja	2.000
•Yeso	1.200

Es prioritario en nuestro país utilizar las materias primas y semiproductos existentes, que contribuyan a limitar las importaciones y que promuevan el desarrollo de pequeñas y medianas industrias. Venezuela cuenta con importantes plantas de producción de materiales metálicos, acero y aluminio y con una importante industria petroquímica que puede ofrecer materiales de construcción de altas prestaciones, sin embargo muchas veces los costos de los materiales producidos en estas grandes industrias son inalcanzables para la gran mayoría de la población.

Los principios fundamentales de los nuevos materiales que se estudian en importantes centros de investigación de los países desarrollados, en especial para los materiales compuestos y para las láminas, pueden ser aplicados en nuestros países con materiales tradicionales, tales como el cemento, el yeso, la tierra, matrices reforzadas con fibras poliméricas, metálicas o naturales, así como la utilización de láminas o paneles tipo sandwich, para cubiertas o cerramientos con materiales no tan sofisticados pero que ofrecen prestaciones similares. Para que ésto se logre es fundamental el papel de las universidades y de los centros de investigación en nuestros países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TORROJA, E. (1960). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Instituto E. Torroja de la Construcción y del Cemento. Madrid-España.

PÉREZ, A. SALAS, J. ARAUJO, R. SECO, E. (1991). *Industria y Arquitectura*. Ed. Pronaos. Madrid-España.

ACHARD, P. (1989). *Les Aerogels de silice, l'ame des vitrages de demain*. Science Technique Technologie. N° 9. Francia.

Techniques et produits de construction en 2025. Les cahiers techniques du Batiment. N° 138. Octubre 1992. Francia.

CILENTO, A. (1995). *Innovación tecnológica y materiales de construcción para viviendas de bajo costo*. Curso Taller Tecnología para viviendas de bajo costo. Maracaibo-Venezuela.

SINDICATO NACIONAL DE INDUSTRIAS DE YESO. (1976). *El yeso y las economías de energía. El Aislamiento Térmico*. ATEDY-Eurogypsum N° 24. Madrid-España.

HERNÁNDEZ, H. (1986). *Programa de incentivos a la innovación en la producción y comercialización de materiales y componentes para el habitat popular*. IDEC-Tecnología y Construcción. N° 2. Caracas- Venezuela.