

## Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas\*

Alfredo Cilento Sarli

### RESUMEN

El carácter sustentable de las innovaciones tecnológicas en nuevos materiales y técnicas constructivas tiene que ver, al menos, con la descentralización como ideología de la sociedad el ahorro energético, la eficiencia en el uso de los recursos no renovables y el reciclaje de residuos valorizables, provenientes de actividades productivas y domésticas, para su reuso como materiales básicos o insumos para la construcción. Se trata de una "visión integral" que implica el estudio del ciclo de vida de los materiales y las construcciones; y, adicionalmente, del desarrollo de una forma de "sincretismo tecnológico" que integre materiales y técnicas industrializadas de gran escala, con materiales y técnicas constructivas de pequeña escala para la producción descentralizada a nivel local.

### ABSTRACT

#### Syncretism and technological innovation in housing construction

The sustainable character of technological innovation in new materials and construction techniques, are due, at least to decentralization as social ideology, energy savings, efficiency in the conscious use of renewable and non renewable natural resources and recycling of valuable residues, resulting for production and domestic activities, to be reused as basic building materials. It is "a whole view" which involves the study of the cycle of life of materials and constructions; and additionally the development of a form of "technological syncretism" integrating materials and industrialized techniques on large scale (mass production techniques) with materials and construction techniques on short scale (local decentralized manufacturing).

### DESCRIPTORES

Ciclo de vida  
Innovación  
Materiales y componentes  
Sincretismo tecnológico

\* Versión en Español de la Ponencia presentada al III Congreso Internacional Energía, Ambiente e Innovación Tecnológica. Caracas, noviembre de 1995.

### INTRODUCCION

El sector construcción es el principal actor en la producción de los bienes físicos, edificaciones e infraestructura, que constituyen el medio ambiente construido. Tiene responsabilidad en la explotación de los recursos naturales -minerales y biológicos- y produce importantes transformaciones del medio natural, afectando suelo, aguas y aire.

La actividad de construir responde a las demandas que desde tiempos remotos reflejan los intereses de la sociedad y amplifican su riqueza cultural. Las palabras ecología y economía tienen un origen común en la voz "oikos" que, en la antigua Grecia, significaba *casa*. Este pasaje constituye el arquetipo de la industria, pues refleja el compromiso de impulsar un conjunto de relaciones culturales y económicas entre los seres humanos y el ambiente (Ota, 1992). Esto es importante puesto que el reino de lo técnicamente factible es mucho mayor que el de lo social o ambientalmente aceptable: la bomba solo-mata-gente es tecnológicamente eficientísima, pero socialmente totalmente inaceptable...

Por otra parte, la construcción es una manufactura predominantemente heterogénea (INCOVEN, 1987, 1988) en la que junto al trabajo parcial manufacturero en la obra, con un bajo nivel técnico en términos de sustitución de fuerza de trabajo por maquinaria y equipos, los insumos utilizados provienen de una gama de instalaciones productivas, con distinto grado de mecanización y gran dispersión territorial. Algunas de estas industrias han alcanzado el nivel de gran industria; otras permanecen en los niveles más atrasados de la manufactura.

Esta desarticulación de los trabajos parciales de la obra, y su carácter complejo, por su *estallido* hacia industrias independientes de la empresa que organiza

la construcción en sitio, genera un gama de múltiples relaciones entre el proceso productivo que realizan y el medio en que se ubican. Estas relaciones tienen que ver con la localización de la materia prima, el transporte, el consumo de energía, la utilización de mano de obra local y la generación de residuos y desechos, entre otros intercambios.

El carácter de manufactura heterogénea tiene entonces dos implicaciones importantes:

1. La necesidad de evaluación, tanto técnica como ecológica, de cada producto parcial, a lo largo de su **ciclo de vida**, desde la selección de la materia prima, las técnicas de producción y los procedimientos de construcción, hasta el tratamiento de los desechos, el reciclaje y la reutilización, con el fin de precisar las interacciones de los productos con el medio: costo energético, consumo de recursos no renovables, transporte, impacto sobre el exterior (Ciento, 1994; CSTB, 1993).
2. El **sincretismo tecnológico** que se desprende del carácter **discreto** de los productos de la construcción y de la inserción puntual y no continua de los trabajos parciales en la ejecución de la obra singular, lo que permite convivir en obra, a productos y procesos tecnológicamente muy avanzados, producto de la gran industria, con productos y tecnologías locales de pequeña escala y técnicas tradicionales (INCOVEN, 1987; Ciento, 1994).

## EL CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES Y LAS CONSTRUCCIONES

La vivienda es el objeto dominante más conspicuo del medio ambiente construido porque es el que ocupa la mayor parte del espacio urbano. Los materiales y componentes constructivos tienen un peso de entre el 60 y el 70 por ciento en la estructura de costos de la construcción de viviendas; la mano de obra y otros gastos son relativamente inelásticos y tienen poca influencia en las variaciones del costo.

En las edificaciones es difícil reducir la cantidad de materiales utilizados sin reducir la calidad y el confort. El problema está vinculado al tamaño o volumen y calidad del espacio habitable que tiene una alta elasticidad de demanda de materiales, mientras que en otros casos, la electrónica por ejemplo, la calidad no requiere mayor volumen de materiales y más bien está asociada a la reducción del tamaño y del consumo de materia prima. Esto, unido al bajo nivel tecnológico de la construcción, conlleva la generación de una enorme cantidad de residuos y desperdicios que afectan el costo de la vivienda y cuya disposición incontrolada daña severamente al ambiente.

Parte significativa de los insumos que entran al proceso productivo, salen bajo la forma de chatarras metálicas, argamasa, concreto, arena, piedra, tierra, mezclas de escombros de bloques de concreto y cerámica, madera y papel (Camargo, 1995). En la Unión Europea, el 45% de los desechos de demolición son de albañilería, el 40% de concreto, el 8% de madera, el 4% metálicos y el 3% de papel, plásticos, etc., exceptuando la tierra y el asfalto (Charlot-Valdieu, 1993).

El estudio del ciclo de vida de los materiales y las construcciones es importante, entonces, por varias razones: la optimización en el uso de los recursos, la búsqueda de oportunidades de innovación, la evaluación de los residuos y desechos aprovechables, la reducción del consumo energético y la protección del ambiente.

El gráfico anexo, que representa esquemáticamente el ciclo de vida de los materiales y las construcciones, permite obtener una visión integral del ámbito en el cual la innovación tecnológica puede producirse, dentro de un proceso de evaluación técnica y ecológica, en concordancia con las variables económicas y socio culturales.

**Las materias primas** son materiales no elaborados de origen mineral o biológico, cuya localización corresponde a las actividades de prospección de recursos renovables (vegetales y forestales) y no renovables (minería).

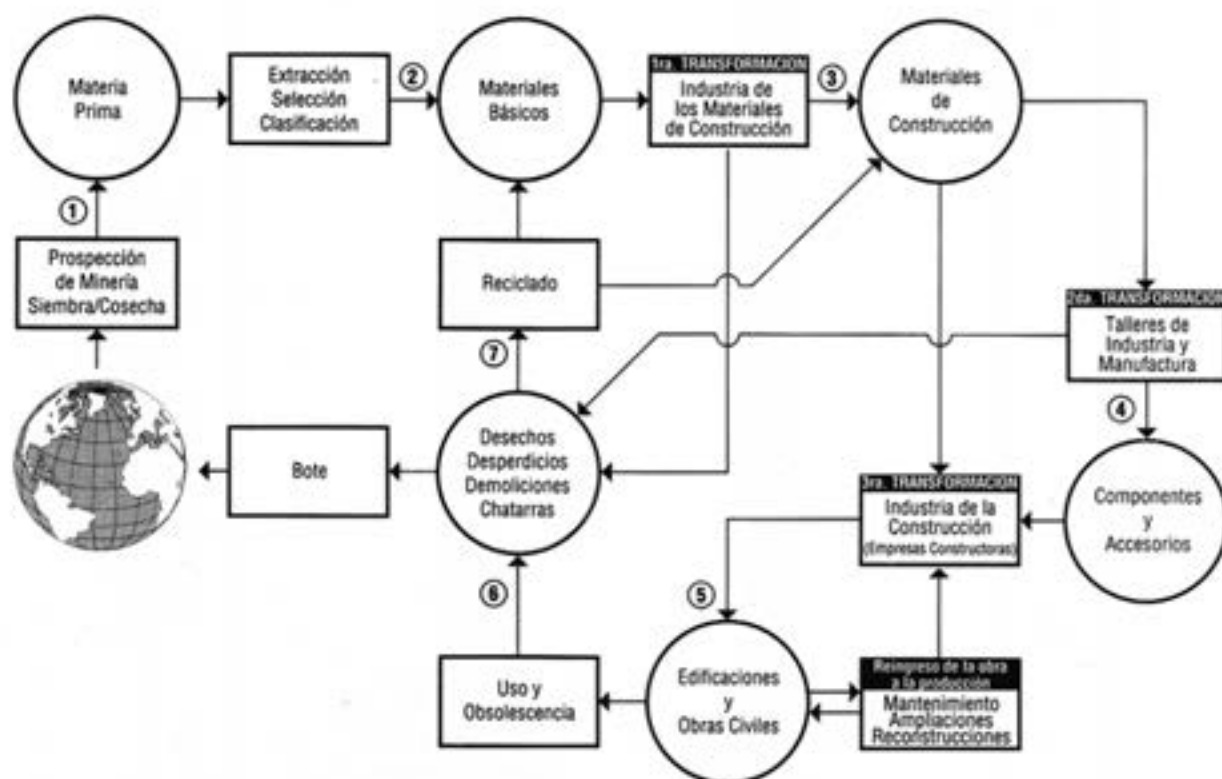
**Los materiales básicos** provienen del proceso de extracción, selección y clasificación de materia prima e inclusive de algún proceso industrial primario; por ejemplo: mineral de hierro, madera rolliza, arcilla de alfarería.

**Los materiales de construcción** se producen en la primera transformación de los materiales básicos que realiza la industria de los materiales de construcción: cemento, ladrillos y bloques, barras, perfiles y láminas de acero y aluminio, madera aserrada o precortada, etc. Son utilizados directamente en la producción de edificaciones o van a un segundo proceso de transformación, para incorporarles mayor valor agregado antes de su uso en la construcción.

**Los componentes y accesorios constructivos** son el producto de ese segundo proceso de transformación que manufactura materiales o partes complejas y de mayor valor agregado, realizado en talleres y plantas industriales y manufactureras, de prefabricación de componentes, etc., donde se producen componentes y accesorios tales como ventanas, puertas, paneles o losas prefabricadas, piezas y accesorios sanitarios, etc.

**Las edificaciones y obras civiles** constituyen la salida del tercer proceso de transformación, realizado

GRAFICO 1  
CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES Y LAS CONSTRUCCIONES



A. CILENTO S./ nov. 1994

por las empresas constructoras en el sitio de la obra, o por los propios consumidores, individuales o colectivos, en actividades de autoproducción o autoconstrucción.

Como todos los bienes materiales, las construcciones también sufren obsolescencia en su largo ciclo de vida, lo cual las hace reingresar a la fase de construcción, para nuevas obras de mantenimiento, ampliaciones, reconstrucciones, etc.

Este proceso de **uso, reacondicionamiento y demolición**, genera como subproducto o residuo, materiales y componentes usados, escombros, desechos, etc. Tanto éstos, como los residuos de los distintos procesos de transformación, pueden ser total o parcialmente reusados o **reciclados**, para producir nuevos materiales básicos y/o de construcción, al igual que una gran variedad de residuos industriales y agrícolas. De todas formas, el reciclaje de residuos de la construcción es del tipo de "bucle abierto", lo que significa que muchos productos de reciclaje no se quedan dentro del sector, sino que pueden ir a alimentar otras actividades productivas.

Uno de los más importantes retos de la construcción consiste en la minimización de los desperdicios. Esto puede lograrse de dos formas complementarias:

la reducción pura y simple de la generación de desperdicios, y la reutilización y reciclaje de la mayor parte de los residuos y desechos.

Se pueden distinguir entre escombros de demolición (total o parcial), desechos de rehabilitación o renovación, desechos de la construcción in situ y desechos de la producción de materiales y componentes.

En las edificaciones, y particularmente las viviendas, se encuentran desechos de mampostería, concreto y morteros, madera, plásticos, armaduras metálicas, bloques y ladrillos de concreto y arcilla cocida, productos cerámicos, etc. No todos estos escombros pueden servir de materia prima o materiales básicos, como los agregados de reciclaje, por lo tanto deben sufrir un proceso de reciclaje adicional para su utilización, esto abarca: clasificación, transporte, selección y procesamiento (Charlot-Valdieu, 1993).

## SINCRETISMO TECNOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN

Como se mencionó antes, el carácter discreto de la construcción permite introducir y reafirmar, como vía para la innovación tecnológica al concepto de **sincretismo tecnológico**. Esto no es una novedad, el sincretismo ha penetrado profundamente en los campos de

la medicina y la farmacología por la, cada vez mayor, interacción entre la ciencia médica moderna y las diversas formas de medicina alternativa, yerbatería y otras formas practicadas por tradición, como sustitutivas o en comunidades primitivas.

El carácter sustentable de las innovaciones tecnológicas en nuevos materiales, componentes y técnicas constructivas tiene que ver, al menos con la descentralización como ideología de la sociedad, la eficiencia en el uso de los recursos no renovables y el reciclaje de residuos valorizables para su reuso como materiales básicos e insumos para la construcción.

Me refiero a una visión integral que implica el estudio del ciclo de vida, en concordancia con una forma de sincretismo tecnológico que propugne la convivencia de materiales y técnicas de producción en gran escala, con materiales y técnicas constructivas de pequeña escala para la producción descentralizada a nivel local. En ambos casos el objetivo es "hacer más usando menos".

Farge (1991) y Da Silva (1994) señalan que, en los próximos veinte años, el campo de la ciencia de los materiales y la energía verá una evolución progresiva basada en la competencia entre todos los tipos de materiales en términos de nuevos mercados, reducción de la energía incorporada, reducción de peso, reciclabilidad de desechos, mayor facilidad de ensamblaje (y desensamblaje), nuevas y mejores propiedades, mayor productividad industrial y control de calidad, y nuevos materiales y procesos. Es evidente también que se abrirán nuevos usos para materiales tradicionales drásticamente mejorados en sus propiedades y características técnicas.

El concepto de energía incorporada en la vivienda es fundamental en relación al enfoque sincrético de las innovaciones. Cerca del 80-90 por ciento de la energía incorporada en una vivienda, es usada en la producción y transporte de materiales al sitio, sólo el 10-20 por ciento se utiliza en el proceso de construcción mismo; y la más alta proporción corresponde a un número reducido de materiales que pertenecen a las tecnologías dominantes: concreto, acero, ladrillos y bloques cerámicos y de concreto, así como a otros componentes metálicos de aluminio y cobre.

La diferencia entre la energía incorporada en una vivienda construida con materiales locales (adobe, estructura de madera y techo de lámina) y otra vivienda con materiales de gran industria (concreto armado y bloques huecos cerámicos) puede llegar al 300 % (UNCHS, 1993).

La reducción de la cantidad total de energía incorporada requiere la optimización del uso de materiales y componentes de alto contenido energético y la utilización de materiales locales y/o provenientes de de-

sechos minerales, orgánicos y de la construcción. En el caso de los materiales industrializados, la optimización está asociada a la reducción del peso del material utilizado por metro cuadrado de superficie construida; por ejemplo, reduciendo al límite las secciones o espesores de componentes de concreto armado.

Un ejemplo de sincretismo por combinación optimizada de materiales de alto y bajo consumo energético, es la utilización de componentes de pequeña sección, de concreto armado o de alta resistencia, como plé derechos, combinados con tierra apisonada entre ellos, usando encofrados simples de madera, en la forma vernácula de fabricación de muros de tapia pero, por tratarse de una pared delgada y para mejorar su comportamiento frente a los agentes externos, la tierra es estabilizada con un aglutinante puzolánico (tecnología propuesta en la Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC-UCV).

Otro ejemplo de sincretismo es la utilización de puzolana como alargador en la producción de cemento Portland, con el fin de reducir su costo y para la utilización en concretos y morteros que no requieren toda la resistencia aportada por el cemento convencional.

Esta combinación Portland-puzolana ha tenido recientemente efectos sorprendentes en el desarrollo de aplicaciones de concretos de muy alta resistencia, que han llegado hasta 120 Mpa, triplicando las más altas resistencias consideradas como indicativas (Aitcin, 1995). Reporta Aitcin que con la utilización de materiales cementantes como las puzolanas, para reemplazar una porción de Portland, que es altamente reactivo en la primera hora, las mezclas que incluyen superplastificantes (sulfonated melamine formaldehyde) pueden ser utilizadas en sitio, en condiciones satisfactorias sin tener que agregar un aditivo retardante del fraguado. Adicionalmente la puzolana reduce el costo por metro cúbico de concreto y en algunos casos reduce el calor generado, lo que incrementa su atractivo.

Materiales cementantes de origen puzolánico pueden obtenerse de escorias de altos hornos y ferroaleaciones, cenizas volantes, lodos de cal, escombros de bloques de arcilla y concreto, de morteros y residuos de cal, y otros desechos como las cenizas de cáscara de arroz, del bagazo de caña, el barro rojo proveniente de la reducción de bauxita y de residuos de bauxita. Las puzolanas se utilizan también como aglutinante en la fabricación de bloques, preparación de morteros, concretos de baja resistencia, frisos, etc. (UNCHS, 1993a; UNCHS, 1993b; Chapra, 1991; Rai, 1991; Camargo, 1995).

Como conclusión lo que he planteado es la necesidad de dar prioridad a la investigación y desarrollo para la innovación en materiales y componentes de construcción de bajo costo, producidos localmente en pe-

queña escala, aprovechando al máximo la materia prima local, desechos y residuos de procesos productivos, con el fin de contribuir adicionalmente a garantizar la sustentabilidad de las actividades de la industria de la construcción, materia esta objeto de la Agenda 21 de la Conferencia de Río (UNCED, 1992). Todo dentro

de un proceso de análisis y evaluación del ciclo de vida de los distintos productos de la construcción y con el enfoque sincrético que hemos planteado para la innovación en nuevos materiales y productos, y nuevas aplicaciones de materiales tradicionales mejorados con la ayuda de técnicas contemporáneas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÏTCIN, P (1995). *Developments in Application of High-performance Concretes*. Construction and Building Materials, Vol. 9, Nº 1. 13-17.
- CAMARGO, A (1995). *Minas de Entulho*. Techne. Nº. 15.
- CILENTO, A. (1994). *Innovación Tecnológica y Materiales de Construcción para Viviendas de Bajo Costo*. Enfoques de Vivienda 1994.
- CSTB (1993). *Six Projects pour Construire l' Environnement*. CSTB Magazine. Nº. 61. 39-43.
- CHARLOT-VALDIEU, C (1991). *Dechets de Demolition: l' etat des lieux*. CSTB Magazine. Nº. 66. 39-43.
- CHOPRA, S (1991). *Building Materials: perceptions and projections*. Building and Environment. Vol. 26. Nº. 23. 289-294.
- DA SILVA, J (1994). *Material Science and Engineering*. Inter-ciencia. Vol. 19. Nº. 4. 171-176.
- FARGE, Y (1991). *Materiais do Futuro: uma evolução progressiva*. Metalurgia. Nº 47. 322-326.
- INCOVEN (1987). *La Construcción como Manufactura Dominantemente Heterogénea*. Tecnología y Construcción. Nº. 3. 119-132.
- INCOVEN (1988). *La Forma Heterogénea del Desarrollo Tecnológico de la Construcción*. Tecnología y Construcción. Nº. 4. 119-132.
- OTA, T (1992). *Social Responsibility and Contribution : R&D for the Construction Industry in the 21st. Century*. Building and Environment. Vol. 26. Nº. 3. 295-300.
- UNCED (1993). Agenda 21, Section 6, Chapter 7. Rio Conference.
- UNCHS (1993a). *Development of National Capacity for Environmentally Sound Construction*. HS/293/93E.
- UNCHS (1993b). *Building Materials for Housing*. HS/C14/7.

# URBANA 16/17

URBANA es una revista editada semestralmente por el Instituto de Urbanismo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV y el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura de LUZ, que publica artículos arbitrados sobre temas inscritos dentro del campo urbano y territorial.

## REVISTA URBANA

### DIRECTOR

Frank Marcano R.

### DIRECTORES ASOCIADOS

María Enriqueta Gallegos

Irene Niculescu

Francisco Mustieles

### CONSEJO EDITORIAL

Andrés García

Elisa Quijano

Tomás de la Barra

Marco Negrón

Alberto Lovera

Luis Carlos Palacios

Silverio González

Bernardo Moncada

### Dirección Postal URBANA

IU-UCV: Apartado Postal 4455. Caracas 1010-A.

Venezuela. Teléfonos: (58-02) 605.2049 /

605.2050. Fax: 662.1316. TELEX 29344 REDIF

Correo electrónico: Fmarcano@dino. Conicit.ve

IFA-LUZ: Apartado Postal 526. Maracaibo,

Venezuela. Teléfonos: (58-061) 55.2219 / 51.2220

51.2253 / 51.2279. Fax: 52.9253

Correo electrónico: l mail.RevistaUrbana@Luz.ve

### PRECIOS:

|                  | Instituciones | Particulares | Estudiantes |
|------------------|---------------|--------------|-------------|
| Número 16/17     | Bs. 4.500     | Bs. 3.100    | Bs. 2.400   |
| Número 14/15     | Bs. 3.060     | Bs. 2.060    | Bs. 1.580   |
| Números 11 al 13 | Bs. 1.220     | Bs. 820      | Bs. 620     |
| Números 4 al 10  | Bs. 890       | Bs. 600      | Bs. 460     |
| América Latina   | US\$ 25       |              |             |
| Europa y USA     | US\$ 45       |              |             |

I y II SEMESTRE 1995

## ARTICULOS

*Federico Villanueva* Tendencias de crecimiento en las zonas de barrios del AMC  
*Josefina Baldó* y Sector Panamericana-Los Teques de la Región Capital

*Teolinda Bolívar* Urbanizadores y constructores para ser ciudadanos.  
Creaciones de vida en la necesidad

*Irene Layrisse* Determinantes financieros del mercado de la vivienda.  
*de Niculescu* Un enfoque teórico

*Juan José Martín* Los orígenes del interés social en las políticas públicas  
de vivienda en Venezuela, 1911-1941

*Juan José Pérez Rancel* Apuntes para la historia de la vivienda en  
la ciudad de Caracas en la primera mitad del siglo xx

*Andrés Echeverría* El condominio como espacio para la participación  
*Pablo La Roche* comunitaria: caso "Nueva Democracia"  
*y Marina Kauffman*

## REFLEXIONES

*Leandro Quintana* La participación popular en la política de vivienda en Venezuela

*Salvador Chang F.* El mercado inmobiliario residencial en la dinámica económica: 1994-1995

*Jacobo Rubinstein* Arbol morfológico del financiamiento de la vivienda

*Alfredo Cilento Sarli* Vulnerabilidad metropolitana: el caso de Caracas

*Elisenda Vila* Programación habitacional e información censal

*Alberto Urdaneta* Vivienda y educación superior. Capacitación de investigadores,  
profesionales y técnicos para resolver problemas de vivienda

## MESA REDONDA

Mesa Redonda: Vivienda y Ciudad