

# AREA

**AGENDA DE REFLEXIÓN EN ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO**  
*agenda of reflection in architecture, design and urban-planning*

número 4  
Agosto 1996



## CONTENIDOS/CONTENTS

7. **Editorial**
9. *María L. F. de Mattiello*  
**Una breve historia del lux y el lumen**
23. *Verónica Paiva*  
**Entre miasmas y microbios: La ciudad bajo la lente del higienismo. Buenos Aires 1850-1890**
33. *David Kullock*  
**Sistemas de ciudades y desarrollo regional: Reflexiones sobre su interrelación**
41. *Horacio Berretta*  
**Tecnología apropiada y vivienda para las mayorías**
51. *Renée Dunowicz, A. Gerscovich, T. Boselli, R. Perazzo y R. Topolevsky*  
**La calidad: Un nuevo enfoque hacia el mejoramiento en la producción del hábitat**
63. *Claudia Gastrón, Susana Casas y Cecilia Amstutz*  
**Auditoría tecnológica en paneles de base cerámica**
75. **Nota**  
Algo más de matemática  
*por Vera W. de Spinadel*
77. **Reseñas de libros**  
Mathematical impressions  
Symmetry. A unifying concept  
*por Vera W. de Spinadel*
79. **Information for authors and contributors**

Los contenidos de AREA aparecen en:  
The contents of AREA are covered in:  
*Architectural Publications Index*

## AREA

AGENDA DE REFLEXIÓN EN ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO  
*agenda of reflection in architecture, design and urban-planning*

número 4, agosto 1996

# LA CALIDAD: UN NUEVO ENFOQUE HACIA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT

Renée Dunowicz  
Alicia Gerscovich  
Teresa Boselli  
Roberto Perazzo  
Raúl Topolevsky

*vivienda social*  
social housing

*mejoramiento de la calidad*  
improvement of quality

*proyecto, construcción y uso*  
project, execution and use

Programa de Mantenimiento Habitacional  
Secretaría de Investigaciones en Ciencia y  
Técnica, Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo,  
Universidad de Buenos Aires  
Dirección: Ciudad Universitaria, Pabellón 3,  
piso 4, 1428 Buenos Aires, Argentina.  
E-mail: rdunow@fadu.uba.ar

## **Quality: A new focus toward the improvement of the habitat production**

To achieve a better quality of life through the design of the habitat requires not only taking into account levels of comfort that each society demands in a given moment, but also assuring its permanence during the lifetime such habitat was projected for. In this way, the satisfaction of massive housing needs must be conceived, not so much as the production and delivery of a property, but rather as the provision of a service that must be extended farther than the instance of the occupation. The appearance of defects in the dwellings, soon after the beginning of its operative life and/or before its predicted lifetime is met, leads to what it is known today as "pathology of the construction". In this field it is fundamental to investigate the causes of the appearance of pathologies and to search for appropriate methods of diagnostics. The way toward quality improvement involves a cultural change and the application of an integral system. Permanent education and continued training of all the actors involved—professionals, technicians, laborers, users—are paramount to find effective answers to the above mentioned problems.

*Procurar una mejor calidad de vida a través del diseño del hábitat implica no sólo acondicionarlo a los niveles de confort que cada sociedad se plantea—en un momento dado— sino también garantizar su permanencia en el tiempo proyectado. En este sentido, la satisfacción de necesidades habitacionales masivas debe concebirse no tanto como la producción y entrega de un bien sino como la provisión de un servicio que se extiende más allá de la instancia de la ocupación. La aparición de defectos en las viviendas, a poco de comenzar su vida operativa y/o cuando la vida útil prevista no ha culminado, da lugar a lo que hoy se entiende por "patología de la construcción". En este campo es fundamental investigar sobre las causas de la aparición de patologías y en la búsqueda de métodos de diagnóstico adecuados. El tránsito hacia el mejoramiento de la calidad implica un cambio cultural y la aplicación de un sistema integral. A partir de la educación permanente y la capacitación continua de todos los actores involucrados—profesionales, técnicos, obreros, usuarios— será posible encontrar respuestas efectivas a los problemas planteados.*

## Introducción

El proceso integral de la conservación del espacio construido reviste una importancia social y económica que en nuestro país no ha sido debidamente considerada en el trazado de políticas para el sector de la vivienda. El resultado ha sido y es un hábitat cualitativamente degradado y de corta vida útil. *¿Cómo garantizar la vida útil del hábitat construido? ¿Cómo mejorar su calidad?* Procurar una mejor calidad de vida a través del diseño del hábitat implica no sólo acondicionarlo a los niveles de confort que cada sociedad se plantea —en un momento dado— sino también garantizar su permanencia en el tiempo proyectado.

En este campo, existen problemas no resueltos que requieren de conocimientos que la investigación científica puede procurar. En los últimos años, el explosivo desarrollo tecnológico incorporó nuevos materiales y modificó las formas tradicionales de producción, perdiéndose una característica del sistema tradicional: la verificación paulatina de los materiales en el uso (*performance*). Estos cambios, si bien respondieron cuantitativa y cualitativamente a la demanda masiva, trajeron aparejados nuevos problemas en las construcciones.

Las relaciones entre el espacio construido y su apropiación, entre los edificios y su entorno, y entre la efectividad del producto final y su durabilidad se han alterado. Por otra parte, también se han modificado las demandas del mercado y en particular las necesidades del destinatario final. Hoy las demandas se orientan a elevar los niveles de calidad, seguridad de

la edificación, confort, simultáneamente a una mayor flexibilidad en el uso de los espacios y una mayor adaptabilidad a los cambios en el modo de vida.

Las cifras actuales del déficit habitacional son conocidas. En Latinoamérica, cerca de 140 millones de personas tienen problemas de vivienda. En la Argentina, según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991, 12 millones de personas padecen igual situación. A esta cifra hay que agregar las viviendas construidas por el Estado en los últimos veinticinco años, que hoy presentan un envejecimiento precoz y no han sido consideradas deficitarias por el Censo.

Esta degradación prematura del estado físico y funcional, en particular de los conjuntos habitacionales, tiene su origen, entre otras causas, en fallas técnico-constructivas, en la indefinición dominial para administrar el bien compartido y en un uso y mantenimiento inadecuados por parte de sus ocupantes. Su consecuencia es un *deterioro prematuro de las condiciones de habitabilidad y seguridad previstas*, que dificulta el proceso de apropiación del hábitat por parte de los habitantes, pero fundamentalmente, no favorece la integración social, cultural y económica de los barrios al tejido de la ciudad, que finalmente los margina.

A través de la operatoria FONAVI (Fondo Nacional de la Vivienda, Ley 21.581/77), uno de los instrumentos utilizados por el Estado para resolver el déficit habitacional, se han construido aproximadamente hasta nuestros días 450.000 viviendas, de las cuales 45.000 se ubican en el área metropolitana de Buenos Aires. Esta operatoria, como algunas que la precedieron, se centró en la producción de vivien-

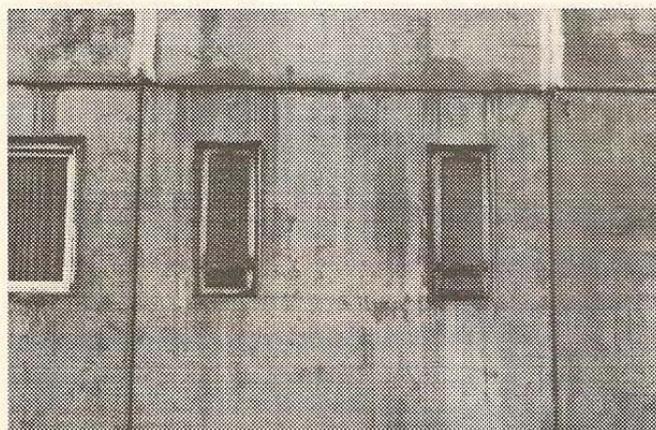


Figura 1: 1a) Infiltración de agua por juntas, debida al descascaramiento de vértices y aristas de paneles premoldeados de hormigón. 1b) Riesgo estructural en medios de salida, debido a armaduras expuestas en tramos de escaleras premoldeadas de hormigón.

das nuevas, en las que no se consideró el uso, administración y mantenimiento posterior por parte de sus habitantes.

Por otra parte, la aparición de defectos en estas viviendas, a poco de comenzar su vida operativa y cuando la vida útil prevista no había culminado, originaron "patologías constructivas" (Figura 1). Es fundamental investigar sobre las causas de la aparición de patologías y los métodos de diagnóstico adecuados. Los resultados de estos estudios deben ser transferidos a todos los actores del proceso de producción del hábitat, convertidos en conocimientos aplicables en la actividad de la *prevención*. Esta

transferencia y aplicación de los resultados al sector de la construcción —en particular al de la vivienda social— será una contribución al mejoramiento de su calidad (Turchini 1994).

Evaluaciones realizadas sobre viviendas producidas en el marco de las operatorias del FONAVI —con sistemas no tradicionales— detectaron que, en general, las patologías constructivas son el resultado de imprevisiones o errores en el proceso constructivo (MacDonnell 1989). Sin embargo, entendemos que es fundamentalmente a nivel de *proyecto* donde se resuelven la compatibilización de los materiales y sistemas en un edificio, su durabilidad

Tabla 1: Matriz de patologías según rubros y etapas de origen.



REFERENCIAS: □ LEVE □ GRAVE ■ MUY GRAVE

constructiva y sus requerimientos funcionales. Si se tiene en cuenta la diversidad y complejidad de las construcciones actuales, es imprescindible efectuar un análisis de todos los elementos intervinientes considerando no sólo su funcionalidad y su estética sino también su durabilidad. Esto implica contemplar su mutua interacción a lo largo de toda la vida del producto resultante (Tabla 1).

Asegurar niveles sostenidos de calidad en la producción del hábitat para períodos preestablecidos, requiere un diseño adecuado y una correcta ejecución que garanticen un buen uso posterior. Por otra parte, la vivienda es el producto más caro que el hombre consume en su vida. Como tal, requiere de un mantenimiento efectivo durante su uso para llegar al término de su vida útil en las condiciones preestablecidas.

Los resultados de mediciones realizadas en un conjunto habitacional de vivienda colectiva —2.100 viviendas— sobre los gastos de mantenimiento y operación de edificios concluyeron en que el 43,5 por ciento correspondían a los gastos fijos y el 56,5 por ciento a los extras. El mayor porcentaje de estos gastos extras estaba destinado a la reparación de patologías en las fachadas (Figura 2).

Los gastos extras de mantenimiento son el resultado, en la mayoría de los casos, de imprevisiones en las etapas de proyecto, construcción y/o uso del bien. En el uso no sólo se ponen de manifiesto las fallas y bondades del proyecto y de la ejecución sino que también se hace evidente la consideración previa o no de las características de los grupos que albergará. Su consideración favorece el mantenimiento y la apropiación del barrio por sus habitantes. Con este enfoque, la satisfacción de necesidades habitacionales masivas debe concebirse no tanto como la producción y entrega de un bien sino como la *provisión de un servicio que se extiende más allá de la instancia de la ocupación*.

El tránsito hacia el mejoramiento de la calidad implica un cambio cultural y la aplicación de un sistema integral. A partir de la educación permanente y la capacitación continua de todos los actores involucrados —profesionales, técnicos, obreros, usuarios— será posible encontrar respuestas efectivas a los problemas planteados (Dunowicz, Gerscovich y Boselli 1993).

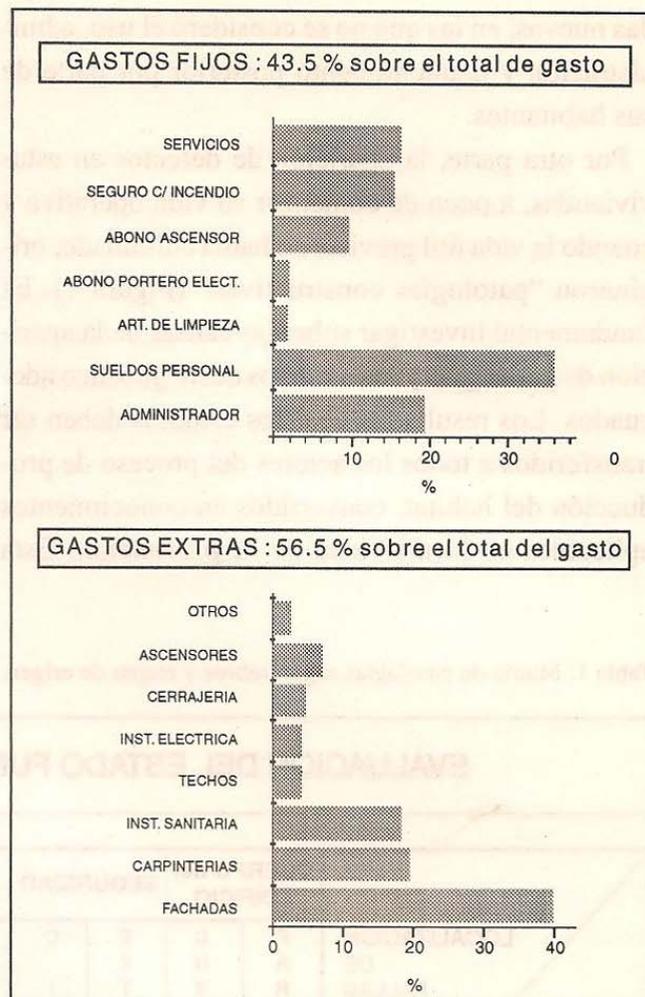


Figura 2: Gastos de operación y mantenimiento de edificios. Estudio de un caso.

## La gestión de la calidad en la vivienda económica

Tradicionalmente, la calidad ha sido considerada como una propiedad intrínseca de un determinado producto o servicio, con abstracción de su uso. Sin embargo, un concepto más moderno relativiza esta idea y liga la calidad a la satisfacción del destinatario o cliente del producto. Bajo este concepto, las propiedades intrínsecas del producto sólo importan en la medida que contribuyen a satisfacer al usuario. La calidad pasa así a poseer también un significado económico: se hace indispensable establecer la satisfacción del usuario en relación a un determinado nivel de precio del bien o del servicio. Este nuevo enfoque, es posible por los avances metodológicos y técnicos operados en las normas y métodos de gestión de calidad impuestos por las demandas industriales.

## a. Normas, controles y aseguramiento de la calidad

Las normas constituyen el paso previo indispensable para compatibilizar procesos, materiales y subsistemas. En ellas se deben basar las especificaciones que permitan el seguimiento de la calidad de la obra a medida que ésta se va plasmando. Para implementar un concepto global de calidad en la construcción es imprescindible establecer una trama básica y coherente de normas que permita efectuar este control en todas las etapas, desde el proyecto hasta el posterior uso y mantenimiento. En este sentido, actualmente la calidad es entendida no sólo como la medida de un producto terminado sino como la de un proceso.

Las organizaciones encargadas de implementar normas son numerosas. Su producción se refiere especialmente a materiales y sistemas. Sin embargo, esta concepción parcializada de la estructura normativa dificulta la verificación de su aplicación durante el proceso constructivo. Salvo en el caso de los hormigones y de algunos materiales estructurales —que comprometen la seguridad— excepcionalmente los profesionales tienen la posibilidad de corroborar las normas en el momento de adquirir materiales y elementos, y mucho menos de verificar su cumplimiento al pie de la obra.

En la Argentina, el ente normalizador reconocido es el IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales), y sus normas son acordadas entre fabricantes y usuarios. Los reglamentos CIRSOC (Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles) especifican las condiciones a cumplir en el diseño y ejecución para las construcciones de hormigón y acero. Por su parte, la Subsecretaría de Vivienda y Calidad Ambiental aporta numerosas normas ambientales, urbanas y tecnológicas para ser aplicadas en las construcciones con participación del Estado. A partir de 1967, esta Secretaría otorga el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) a nuevos materiales, elementos y procedimientos constructivos, validando tecnológicamente a los mismos.

A pesar del esfuerzo realizado en materia normativa, no ha habido un trabajo tendiente a incorporar estas normas dentro de un marco global de procedi-

mientos que sepa aprovecharlas de manera coherente. Por lo tanto, existe una virtual ausencia de controles recíprocos entre los distintos eslabones de la cadena de fabricación, que van desde las materias primas hasta las semi-elaboradas que se utilizan en las obras. El mercado comprador, por su parte, ha renunciado a corregir estos hechos, ya que sobre el consumidor final —en este caso el constructor— debería pesar un cúmulo inimaginable de verificaciones. El resultado es que la normalización de materiales y elementos no se utiliza en la etapa proyectual. Cuando se llega a la ejecución, por lo general, se compra un material o elemento constructivo por la función que cumple y no por su prestación.

El mercado da lugar así a tres niveles de desprotección:

- el comerciante frente al fabricante,
- el profesional o empresario frente al comerciante, y
- el usuario final frente al constructor y/o profesional.

Es evidente que el perjuicio económico por una calidad inadecuada recae sobre todos los actores intervinientes, pero el principal damnificado es el ocupante que debe habitar una vivienda que se deteriora más rápidamente que lo previsible.

Las Bases del Premio Nacional a la Calidad, año 1994, amplían el concepto de *calidad*, universalmente concebido como valor referido a las características físicas de bienes materiales, al incorporarle componentes que tienen que ver con percepciones y expectativas respecto de todo tipo de prestaciones. La calidad deja de estar definida por el prestador para pasar a ser definida por el destinatario de la prestación. Se entiende así a la calidad no sólo como una función de control aplicada al final del proceso que da lugar al bien o servicio sino como un *instrumento preventivo* aplicado a lo largo de la cadena productiva, llegando a ser una verdadera herramienta de gestión empresarial. *¿Cómo se trasladan estos conceptos integrales de calidad a la producción masiva de viviendas?*

Las normativas ISO (International Standard Organization) para gestión y aseguramiento de la calidad (Senlle y Stoll 1994) aparecen como el sus-

tento metodológico para trasladar estos conceptos al ámbito de los materiales y de los procesos de la construcción. A diferencia de la normativa más difundida a que hemos hecho referencia, y que se aplica a partes, elementos y subsistemas, las normativas ISO 9.000 son de tipo doctrinario y tienden a establecer un concepto sistémico que engloba a todo un proceso. Las normativas ISO tienden al aseguramiento de la calidad antes que a su control por la vía tradicional de verificación de normas parciales. El mismo se establece por la vía de manuales, procedimientos y sistemas de documentación que deben elaborarse a la medida de cada situación. Estos procedimientos procuran crear en cada etapa de producción la confianza de que las anteriores han sido completadas satisfactoriamente, compartiendo de esta manera la responsabilidad de la calidad final del producto con todos los eslabones del proceso productivo. Resumiendo, puede decirse que las normativas ISO proponen asegurar que cada etapa de un complejo proceso productivo *hace lo que dice, dice lo que hace y puede probarlo en cualquier momento*. Por lo expuesto, es indispensable encarar el estudio de la normativa ISO 9.000 y su aplicación a la problemática de la construcción y mantenimiento del parque habitacional.

## **b. El rol de los materiales y sistemas constructivos en la etapa de proyecto**

La arquitectura es también construcción. No basta con que pensemos y resolvamos los problemas funcionales y su expresión espacial; debemos construir esos espacios y su expresión estará condicionada por cómo los construyamos. Por esto la concepción espacial y la forma en que estos espacios se construyen deben ser una sola cosa; deben estar unificados en el proceso creador después de haber dialogado de una manera viva y sin compromisos en la cabeza del arquitecto. (Dieste 1993: 5)

El hábitat que proyectamos debe satisfacer las necesidades de habitabilidad, seguridad y durabilidad, que traducidas en requerimientos tecnológicos deben ser la base de elección de los materiales y sistemas constructivos adecuados en la formulación del

proyecto. Sin embargo, el modo usual de encarar los aspectos tecnológicos en la faz proyectual difieren de lo expuesto. En primer lugar se tiende a que los procedimientos constructivos pasen a un plano meramente funcional para completar un planteo espacial teórico, en lugar de considerarlos elementos activos en la definición de prestaciones, pautas de funcionalidad y satisfacción del usuario. Raramente interviene en los planteos proyectuales la consideración del uso y mantenimiento de la obra a lo largo de su vida útil.

En la actualidad, un programa informático de aplicación a la construcción en que los materiales y sus prestaciones, procedimientos de fabricación y modos de aseguramiento de la calidad se incorporen tempranamente en la faz proyectual, puede constituir una base en la que se apoye la elaboración de los detalles del resto del proyecto, poniéndose de manifiesto los criterios de optimización que subyacen en el mismo. Estos criterios de optimización derivan de opciones frente a las variables que hacen a la calidad, tales como economía de recursos, estética, durabilidad, seguridad, habitabilidad, mantenimiento, racionalización del balance energético, etc. Para cada una de estas variables los materiales y procedimientos constructivos deben ser caracterizados por su verificabilidad, costo, función y por los parámetros que definen sus prestaciones.

## **Propuesta metodológica: un enfoque desde la ciencia de los materiales**

Para concretar este modo de abordaje, consideramos necesario implementar un programa de investigación que supla una carencia importante en materia de recursos y elementos metodológicos sistémicos para integrar a la dimensión creativa de la faz proyectual la tarea de selección de los materiales y procesos constructivos. Este programa debe proponer:

- Establecer un *marco conceptual* que incorpore los requerimientos de aseguramiento de calidad en esta etapa y que contemple las normas y procedimientos de uso y mantenimiento de las obras.

- Analizar la *compatibilidad de los materiales* entre sí y frente a agentes externos. Una pauta faltante es el análisis de las interrelaciones de los parámetros que definen a los materiales y sistemas constructivos con los distintos tipos de sollicitaciones. El resultado de este análisis debe integrarse en fichas técnicas de prestaciones que ayuden a precisar la familia de materiales apropiados a utilizar para cada elemento constructivo, dentro de una familia de materiales aceptables.

- Considerar la *degradación de los materiales*, ya que éstos pierden sus características a medida que transcurre el tiempo y se multiplican sus interacciones con el medio y/o con otros materiales del sistema. Por ejemplo, cuando el vector de la interacción es un agente químico recibe el nombre de corrosión, mientras que si el vector es la sollicitación mecánica recibe el nombre de fractura o fatiga.

## Aspectos instrumentales y de diagnóstico

Se han señalado aspectos de procedimiento y marcos conceptuales de referencia para incorporar los materiales y la gestión de la calidad en el proceso constructivo. Su resultado debe traducirse en requerimientos, mediciones, y diagnósticos precisos que puedan volcarse en acciones prácticas y concretas. Los requerimientos de un manual de calidad, las especificaciones de un material o de un proceso constructivo, los parámetros y procesos que deben documentarse y el manejo y validez de dicha documentación deben apoyarse en recursos instrumentales, de laboratorio y de análisis o de desarrollo muy específicos. Existen al menos cuatro vertientes a explorar en este sentido, a saber:

a. La realización sistemática de *estudios, ensayos y pruebas de laboratorio* que permitan definir parámetros, y prestaciones de algunos materiales básicos: tipificación y caracterización cuantitativa de materiales de uso regular.

b. El desarrollo y la utilización de *recursos informáticos* en el diseño, proyecto y diagnóstico de vida de estructuras y elementos constructivos.

c. El desarrollo y aplicación de *métodos de ensayo destructivo y no destructivo* para la estimación de sobrecarga de materiales y elementos constructivos.

d. El desarrollo de *nuevos materiales, técnicas y procesos* aptos para la construcción o para el mantenimiento y la reparación de edificios.

### a. Ensayos y pruebas de laboratorio

El ensayo y prueba en laboratorio de materiales para la construcción no han sido utilizados con la misma intensidad que para máquinas y procesos industriales. Sin embargo, ante un mercado de oferta diversificado y posibilidades técnicas de definir materiales para fines particulares, corresponde analizar la respuesta de cada uno a la función que se pretende del mismo, con miras a satisfacer una meta establecida de calidad para toda la obra.

Al desempeño de los materiales contribuyen dos elementos. El primero es su entorno arquitectónico, o sea, el ambiente en que desempeña sus funciones y las interacciones con otros elementos constructivos o agentes del medio ambiente. El segundo elemento es su propia arquitectura interna en la que interviene el ordenamiento de sus átomos y moléculas y sus mutuas atracciones.

La ciencia y la tecnología de los materiales (Shackelford 1991) ha avanzado enormemente en establecer los puentes que permiten salvar lo micro y lo macroscópico por medio de técnicas de cálculo, de análisis y de ensayo en laboratorio. Los análisis pueden ser de tipo físico o químico, y permiten tipificar de manera cuantitativa no sólo materiales para su uso regular sino también el estudio de sus diversos modos de degradación por corrosión, fatiga o fractura.

La *corrosión* de un material comporta transformaciones a nivel atómico y molecular que redundan en alteraciones de sus propiedades mecánicas y estructurales. Esta puede surgir de una incompatibilidad entre dos o más materiales que dan lugar a una reacción química que, lenta pero inexorablemente, los destruye (distintos metales en contacto en una cañería de calefacción, una colada de hormigón hecha con arenas con contenido de sal en contacto con el hierro estructural), o por agentes del medio (lluvia ácida, acción del agua de mar, etc.).

Otro modo de degradación se produce por sollicitaciones mecánicas cíclicas y repetitivas. Se conoce con el nombre de *fatiga* a la falla de un metal frente a este tipo de acción en que los esfuerzos involucrados pueden ser menores que los necesarios para dañarlo con una sollicitación estática. Cargas o sollicitaciones cíclicas se presentan, por ejemplo, en un edificio por calentamiento diferencial del sol, por la carga y descarga repetitiva de tanques de agua o por el tránsito de vehículos que producen vibraciones (Kalpakjian 1985).

El proceso de fatiga puede estudiarse en el laboratorio sometiendo una probeta a sollicitaciones cíclicas de manera controlada. La rotura por fatiga conlleva el crecimiento de grietas que se propagan en la dirección que le marcan los esfuerzos que soporta. El límite de fatiga que puede determinarse experimentalmente fija el esfuerzo máximo por debajo del cual el material no se degrada mecánicamente frente a las sollicitaciones y puede por consiguiente prolongar su vida útil. La degradación por fatiga se puede producir tanto en metales como en otros materiales, tales como cerámicos o vidrios. En estos últimos, las sollicitaciones no necesitan ser cíclicas sino que pueden ser dinámicas o estáticas y en presencia de agua o humedad.

Tanto la génesis como el progreso de este tipo de procesos de degradación, que son inicialmente muy lentos, puede ser estudiado cuantitativamente de modo preciso sólo en laboratorio. Esos estudios permiten predecir cómo, de persistir los esfuerzos degradantes, el proceso puede acelerarse hasta producir la falla catastrófica del material. Los valores obtenidos en laboratorio permiten pues la extrapolación a condiciones de uso regular y hacen posible tanto especificar *a priori* la performance y modo correcto de uso de materiales y subsistemas como un diagnóstico preciso de su sobrevida. Por extensión, hace posible la definición de un elenco de ensayos, pruebas y mediciones a pie de obra para la recepción de los materiales.

## **b. Uso de medios informáticos**

### **b1. Sistemas informáticos para la etapa proyectual**

La cantidad y diversidad de materiales y elementos constructivos que deben tenerse en cuenta simul-

táneamente es muy grande, y es necesario pensar en recursos especiales para encarar un proyecto de arquitectura. La construcción de una base de datos relacional de elementos constructivos y materiales con las adecuadas referencias cruzadas acerca de compatibilidades, interacciones y prestaciones, es posible a través de la informática.

La construcción de una herramienta informática de esta naturaleza requiere, sin embargo, del esfuerzo previo de definiciones metodológicas para la tarea proyectual a que ya hemos hecho referencia. Se debe dar la base indispensable de ingeniería de sistemas para construirla. Sin esa tarea previa, la base de datos no dejará de ser un mero catálogo de dudosa utilidad. Para que se constituya en una herramienta práctica, el requerimiento que se le debe imponer es doble. Por una parte debe ser susceptible de ampliaciones, diversificaciones y especializaciones, manteniendo la misma estructura conceptual de base. Por la otra, debe permitir un trabajo interactivo ágil de selección, búsqueda y descarte de alternativas.

Los medios de programación actuales van, sin embargo, mucho más allá, y hacen posible pensar en una continuación natural a la tarea de construir una o más bases de datos. Desde hace ya varios años se ha impuesto un concepto extremadamente poderoso para la construcción de complejos paquetes de software interactivos denominado "programación orientada a objetos" (Budd 1995). Dentro de esta metodología se definen elementos del programa como "objetos" abstractos, con las propiedades que resulten convenientes, y luego se los manipula informáticamente insertándolos en contextos de diversa complejidad. Este proceso modular es para el programador enteramente análogo a lo que para el arquitecto es la definición de elementos constructivos básicos con los que luego "arma" un edificio. Los objetos informáticos pueden agruparse, dando lugar a un "objeto" de mayor generalidad (lo mismo que una pared, un tabique y un techo se agrupan como "cerramientos"), o componerse formando entes de creciente complejidad (las losas, las vigas y las columnas se "componen" para formar otro objeto más complejo denominado "estructura").

No debiera resultar difícil integrar además un software de este tipo con el manejo de la documentación

de aseguramiento de la calidad durante la construcción y otra información auxiliar tal como la insola- ción anual, el balance energético, la simulación de sistemas de aire acondicionado y calefacción, los cálculos estructurales, los sistemas de manipulación y transporte de materiales durante la obra, el mante- nimiento preventivo, etc.

## b2. Recursos informáticos para el diagnóstico

Más allá de los aspectos proyectuales, la compu- tación ofrece una herramienta insustituible para la simulación del funcionamiento del edificio o de al- gunos de sus aspectos (por ejemplo su estructura o sus revestimientos) a lo largo de toda su vida útil. Existen en la actualidad programas de cálculo avan- zados que utilizan el método llamado de “elementos finitos”, para el cálculo de solicitaciones estructu- rales, térmicas o de otro tipo, en condiciones suma- mente fieles a las que sufre el edificio.

Estos métodos tornan obsoletos muchos recursos de cálculo estructural de uso cotidiano. Permiten la incorporación de materiales diversos en una misma trama portante o el diseño de estructuras esbeltas en la que se optimiza el uso de los materiales llevándo- los a la plenitud de sus posibilidades. No es difícil integrar cálculos de estructuras de este tipo con efec- tos dinámicos como vibraciones o solicitaciones del viento, o con efectos térmicos producidos por siste- mas de calefacción o por máquinas o calderas.

Podría de este modo simularse, por ejemplo, el des- empeño de un revestimiento frente a la alternancia de calor y frío producida por el verano y el invierno a lo largo de años, y determinar cuando puede co- menzar a fracturarse por fatiga, cómo se acelera su degradación por agentes químicos, etc. Otro ámbito de aplicación es el diagnóstico para el mantenimien- to preventivo o correctivo de edificios habitados.

Si bien las herramientas principales ya existen, para desarrollar esta herramienta informática es necesar- io encarar una actividad de investigación que tienda a integrar el potencial de los códigos existentes de cálculo de estructuras o de transmisión del calor con problemas constructivos definidos sobre los que exis- tan demandas concretas, por ejemplo, de su diagnós- tico de sobrevida.

## c. Métodos de diagnóstico para el mantenimiento

Las tareas de mantenimiento de grandes edificios abarcan no sólo la reparación de daños ya declara- dos sino la prevención de otros antes de que se pro- duzcan. De hecho, la tendencia natural es poner el énfasis precisamente en este aspecto, ya que la pre- vención es mucho más sencilla y económica que la reparación. Para encarar un eficaz mantenimiento predictivo debe conocerse tanto el comportamiento de los materiales como la manera de predecir su fa- lla tempranamente mediante ensayos y mediciones en obra y en el laboratorio (Topolevsky et al. 1995).

Las vertientes de investigación planteadas son, por una parte, el estudio y cuantificación sistemática de daños en materiales propios de una obra y, por la otra, el desarrollo de métodos de ensayo y medi- ción. El estudio de la degradación a que hemos he- cho referencia en secciones anteriores sirve para fijar parámetros de diseño. Sin embargo, aún conside- rando estos parámetros, los materiales se deterio- ran por el mero transcurso del tiempo en presencia de cargas y solicitaciones. Este deterioro progresi- vo puede cuantificarse precisamente por medio de curvas denominadas “de daño”, que determinan cómo y cuánto progresan las fallas microscópicas en el seno del material y dan una estimación preci- sa de la sobrevida esperable a medida que pasa el tiempo y se lo somete a cargas y solicitaciones tanto estáticas como dinámicas. Este tipo de curvas no han sido prácticamente estudiadas para los mate- riales de construcción y constituyen un campo am- plio para investigaciones.

Una vez conocido de qué manera el daño puede limitar el desempeño de piezas o elementos construc- tivos, es necesario disponer de métodos de ensayo en obra o en laboratorio que permitan cuantificar el ni- vel de deterioro. Los métodos de ensayo pueden ser tanto destructivos como no destructivos. La toma usual de probetas de hormigón y su posterior des- trucción controlada son el ejemplo más sencillo de ensayo del primer tipo. Aun cuando estos procedi- mientos se vienen poniendo en práctica con cierta regularidad desde hace ya mucho tiempo, no se han realizado los trabajos teóricos y de laboratorio nece- sarios para integrarlos con toda la batería de conoci-

miento de *fractomecánica* y demás capítulos de la ciencia de los materiales (ASM 1987).

Un campo particularmente inexplorado son los sondeos no destructivos. Sólo recientemente está disponible en el mercado el método de *gammagrafía* para realizar tomografías, principalmente de vigas y columnas de hormigón armado y determinar cantidad, ubicación y estado de los hierros en su interior. Este método, que es extraordinariamente promisorio, se encuentra aún en sus comienzos, ya que puede extender su uso a una variedad de otros aspectos tales como determinar la presencia de burbujas, el progreso de fisuras no observables desde el exterior, o la presen-

cia de elementos químicos que pueden afectar el potencial deterioro futuro de la estructura, el estudio de cañerías e instalaciones embutidas, etc. (Figura 3).

Las *ecografías* pueden también dar otro tipo de información sin deteriorar o afectar de ninguna manera los elementos constructivos que se estudian. Estos son estudiados someténdolos a fuentes de ultrasonido y detectando el eco producido por irregularidades o elementos ocultos en su interior. En el estudio de estructuras metálicas, soldaduras o elementos portantes sometidos a tensiones suele también utilizarse el registro de emisiones acústicas de muy alta frecuencia producidas por el progreso microscópico de fisuras y fallas. Con este método es posible predecir puntos con solicitaciones extremas o con una alta potencialidad de fallas.

Para finalizar esta enumeración —que por otra parte es necesariamente muy incompleta— debería mencionarse el sensado de vibraciones para analizar la respuesta de toda una estructura frente a solicitaciones dinámicas como las que pueden deberse a la circulación de vehículos o por efecto del viento y otros agentes del medio. Esta información, sobre la que las ciencias y la ingeniería han acumulado una importante experiencia, no solamente puede ser útil en las tareas de mantenimiento de edificios sino también en el estudio de construcciones en riesgo de derrumbe o para demoliciones. El sensado de los desplazamientos en una estructura es el paso previo a la simulación dinámica de su estructura por métodos numéricos avanzados y el análisis de su desempeño en el decurso de su vida útil, diagnosticando puntos críticos o fallas potenciales.

#### d. Nuevos materiales

El campo de los nuevos materiales está revolucionando incontables áreas de la producción. El íntimo conocimiento de los mecanismos por medio de los cuales los materiales fallan o se deforman, conducen el calor o la electricidad, cambian su estructura cristalina o cualquiera de los parámetros internos de su constitución, ha hecho posible el diseño y producción de materiales “a la medida” de numerosas aplicaciones específicas.

La tendencia más moderna en el diseño de materiales es la línea de los así llamados “materiales in-

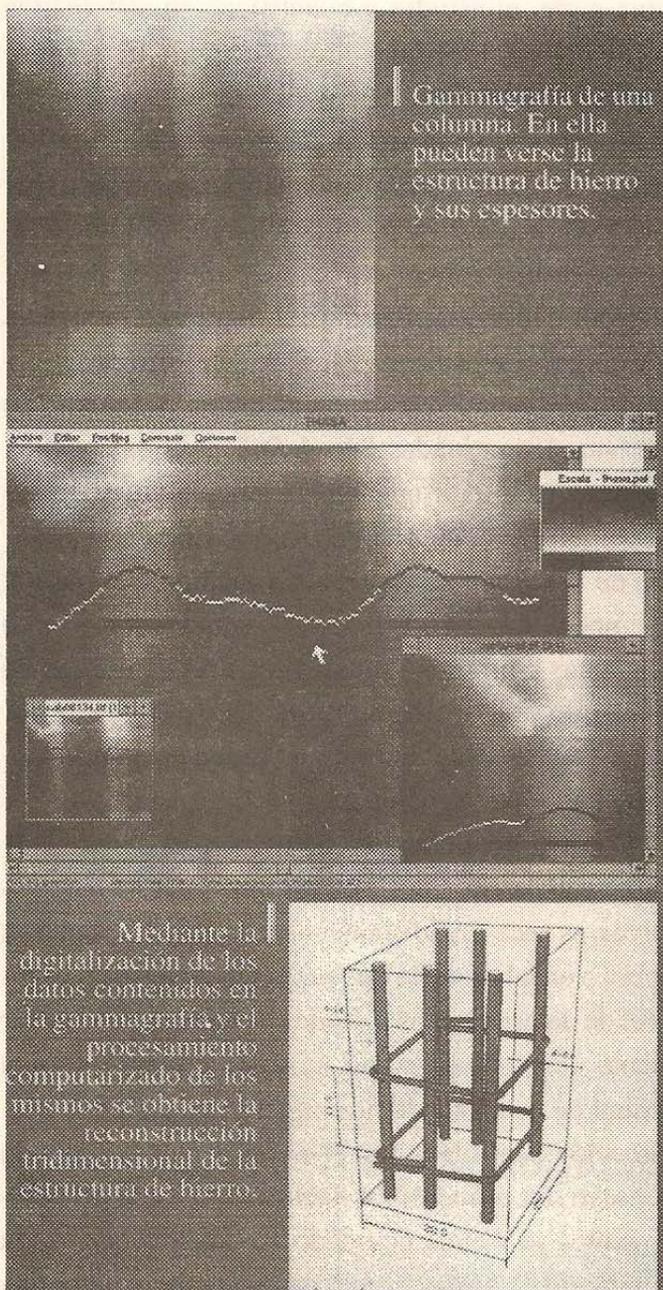


Figura 3: Tomografía del hormigón armado, desarrollo del Dr. Mario Mariscotti.

teligentes". Éstos varían sus prestaciones de manera predeterminada frente a cambios en el medio en que se encuentran. Tal por ejemplo, vidrios que varían su opacidad ante la presencia de luz o al ser sometidos a un potencial eléctrico, materiales que al aumentar la temperatura varíen controladamente su conductividad térmica, o materiales cuya conductividad eléctrica disminuye cuando se los somete a esfuerzos.

Materiales con estas características incorporados en la construcción pueden servir para proveer una alarma temprana en el deterioro de cables de ascensores o de estructuras portantes, para regular la iluminación o la pérdida innecesaria de energía, indicar fallas de revestimientos hidrófugos mucho antes que los daños sean irreparables, proveer aislantes de calefacción o aire acondicionado más eficaces, y un sinnúmero de otras aplicaciones que abaratarían y simplificarían de manera drástica las tareas de mantenimiento y reparación.

En la lista de nuevos materiales se deben también inscribir el desarrollo de *materiales estructurales*, elementos constructivos prefabricados o revestimientos con prestaciones especialmente establecidas y de bajo costo, basados en materiales tradicionales y de gran disponibilidad. El desarrollo de materiales y sistemas adhesivos puede también poseer un impacto más que significativo en los tiempos y costos de construcción.

Dentro de este capítulo debe incluirse también el estudio de *materiales ambientales*, problema éste que está llamado a ser de primordial importancia en el futuro de mediano plazo. Actualmente, grandes cantidades de tierras fértiles de primerísima calidad se desperdician utilizándolas a diario para fabricar ladrillos. Al mismo tiempo, nada se hace para aprovechar desperdicios o para inmovilizar basuras utilizándolos en elementos y materiales para la construcción en los que se puede garantizar por otra parte su perfecta inocuidad para el usuario final de la obra. Esta temática puede también desarrollarse coordinadamente con ciertas explotaciones minerales cuyos descartes son dañinos para el medio y pueden, en cambio, ser ideales para fabricar materiales para la construcción. El tema de materiales ambientales para la construcción también comprende el

estudio de la eliminación final de los mismos de manera amigable para el medio, una vez que cumplió su vida útil.

El ámbito para la investigación en el tema de nuevos materiales para la construcción puede, sin temor a exagerar, considerarse inagotable, aplicando toda la potencialidad disponible de desarrollo en el tema desde una perspectiva interdisciplinaria.

## Conclusiones

Hemos presentado algunos temas para ser desarrollados interdisciplinariamente en el campo de la gestión de la calidad y del estudio de los materiales en la construcción de vivienda de interés social. Se han trazado los primeros lineamientos de una problemática con un interés social y económico innegable, al par que ofrecen desafíos tanto de valor académico cuanto tecnológico y productivo, que pueden ser un marco propicio para posibilitar una fertilización cruzada entre orientaciones profesionales y científicas a partir de ámbitos diversos.

Tanto en la investigación científica como en la actividad profesional, económica y empresaria se advierten claros cambios hacia una acelerada globalización. La existencia de la Comunidad Económica Europea, el NAFTA y el Mercosur son signos elocuentes en este sentido. En este nuevo contexto internacional, tanto la competitividad como la solución a los problemas sociales serán los principales activos con que podrá contar la sociedad. La problemática que hemos analizado en el presente trabajo se propone esas metas partiendo de las bases mismas: la gestión de la calidad y en particular de la ciencia de los materiales en la producción de obras de arquitectura de interés social.

## Referencias

- ASM (American Standards for Materials). 1987. *Metal handbook*, vol XII "Fractography" (Metal's Park, Ohio: ASM).
- BUDD, A. 1995. *Introducción a la programación orientada a objetos*.

- DIESTE, Eladio. 1993. "Arquitectura y construcción", en *Anales del 2º Curso Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para Viviendas de Interés Social* (Montevideo: CYTED), 5.
- DUNOWICZ, Renée, Alicia GERSCOVICH y Teresa BOSELLI. 1993. *Usuarios, técnicos y municipio en la rehabilitación del hábitat* (Buenos Aires: Secretaría de Investigaciones, FADU-UBA, Serie Difusión N° 6).
- KALPAKJIAN, S. 1985. *Manufacturing processes for engineering materials* (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley).
- MacDONNELL, Horacio. 1989. "Evaluación de la construcción industrializada en los programas FONAVT", *La Vivienda Económica* (Buenos Aires) N° 25, diciembre, 14.
- SENLE, A., y G. STOLL. 1994. *ISO 9.000: Calidad total y normalización* (Barcelona: Ediciones Gestión).
- SHACKELFORD, J. 1991. *Introduction to material sciences for engineers* (Nueva York: McMillan).
- TOPOLEVSKY, R., U. FIERRO y N. ÁLVAREZ VILLAR. 1995. "Caracterización a la fractura de morteros a partir de la determinación de  $K_{Ic}$  y  $CTOD_c$ ", *Anales de la Reunión de la Sociedad Argentina de Materiales* (Buenos Aires: Sociedad Argentina de Materiales).
- TURCHINI, Giuseppe. 1994. "Investigación metodológica", en *Dealing with defects in building, Proceedings of the International Symposium*, parte 1, comp. M. Moroni y P. Sartori (Milán: BE-MA), 21.

Recibido: 15 julio 1995; aceptado: 8 marzo 1996

*Renée Dunowicz es arquitecta, profesora regular de la carrera de Arquitectura, directora del Programa de Mantenimiento Habitacional y codirectora del Centro de Estudios del Hábitat y la Vivienda de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.*

*Alicia Gerscovich es arquitecta, docente en la carrera de Arquitectura, jefe de investigación del Programa de Mantenimiento Habitacional con sede en el Centro de Estudios del Hábitat y la Vivienda de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.*

*Teresa Boselli es arquitecta, docente en la carrera de Arquitectura, investigador principal del Programa de Mantenimiento Habitacional con sede en el Centro de Estudios del Hábitat y la Vivienda de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.*

*Roberto Perazzo es doctor en física y profesor titular regular, con sede en el Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires.*

*Raúl Topolevsky es doctor en física, jefe del Departamento de Ciencia y Técnica de los Materiales en CITEFA, y consultor técnico de SIDERCA, SIDERAR, SOIMCO, CONARCO y otras empresas.*