

Edificios históricos del pasado reciente

A. Elena Charola

Research Scientist, Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution

La preservación de edificios históricos, así como se entiende hoy en día, fue desarrollada en el siglo XIX de acuerdo con la Carta de Venecia (1964) que establece: *La humanidad, que cada día toma conciencia de la unidad de los valores humanos, los considera como un patrimonio común.* En el siglo 20 se extendió esta definición a la preservación de edificios del pasado reciente, o sea edificios construidos en ese mismo siglo.

En teoría, la inclusión de éstos edificios en el paradigma de preservación es correcto ya que sigue el paso lógico de preservar el medio ambiente urbano de su destrucción debido al valor comercial de la tierra o de nueva construcción (Araoz 1998). En la práctica, sin embargo, esto no es fácil de alcanzar. Muchas razones se pueden encontrar para explicarlo, tal como la durabilidad inherente de los materiales utilizados en la construcción, el diseño y las técnicas constructivas. Los antiguos edificios o estructuras que han sobrevivido hasta nuestros tiempos son la excepción más que la regla, como ha sido señalado por Ziegler (2000) en su manuscrito premiado *“Origen de la durabilidad de los antiguos edificios romanos y góticos”* originalmente publicado en 1776. De las 7 Maravillas del Mundo, sólo una llegó hasta nuestros tiempos, las Pirámides de Egipto. Esto sugiere que el valor atribuido a edificios no es suficiente para asegurar su durabilidad.

Uno de los parámetros importantes que gobiernan la durabilidad es el diseño (Garden 1980). Un ejemplo claro está dado por el diseño de puentes, como fuera descrito por Petroski (1993). Se encuentra un buen diseño que, como funciona bien, se incrementa en escala hasta que ocurre un desastre, pues a medida que pasa el tiempo *“las bases de los métodos de diseño se olvidaron y con ellos los límites de validez”* (Sibly y Walker 1977). Otro ejemplo, más pertinente al campo de la preservación es el de la Casa Millard de Frank Lloyd Wright en Pasadena, CA, o la Casa Freeman en Hollywood, CA. El diseño innovador de esta construcción que usó los llamados *“textile-blocks”* —bloques de cemento con diseños resultantes de su manufactura—, no resultó en la práctica y las casas sufrieron importantes deterioros.

Otro de los parámetros de durabilidad es el material usado en la construcción. Los edificios antiguos e históricos que han sobrevivido en buenas condiciones, fueron construidos utilizando materiales de buena calidad. Materiales tradicionales incluyen el adobe, madera, piedra, ladrillo y morteros. Los últimos tres son los que han resultado más durables siempre que tuvieran un buen diseño. Como fuera señalado por Orna et al. (1994) *“Cuando un artista o artesano o arquitecto crea un artefacto, él o ella selecciona los materiales y estructuras que considera apropiadas para su uso, y con ello define el tiempo de supervivencia del artefacto.”*

Materiales en Edificios Modernos

Los edificios modernos no han pasado aun por el “filtro del tiempo”, que deja pasar solamente aquellos que son más resistentes al medio ambiente, y como consecuencia hay muchas más construcciones para preservar. Además, estos edificios representan “*un patrimonio con usos dinámicos que deben responder a nuevas necesidades que están en constante metamorfosis*” (Araoz, 1998). Ésto presenta nuevos problemas técnicos ya que se quiere “*preservar la materia física de sitios que requieren una dinámica de cambio permanente*” (Araoz, 1998). Los problemas surgen justamente de su tecnología de construcción moderna y de los materiales utilizados. La tecnología de construcción moderna, resultante del desarrollo de mecánica, permite el cálculo de la resistencia de la estructura de modo de reducir el riesgo de colapso de estructuras durante o inmediatamente luego de su construcción; mientras que la tecnología antigua estaba basada en la selección de materiales de buena calidad y durable y en diseños ya probados. La diferencia entre ambas tecnologías se ilustra claramente con el ejemplo de un puente de cemento armado, en un lugar de Europa, que luego de 30 años se había deteriorado de tal modo que el tránsito pesado tuvo que ser desviado a un puente romano de hace 2000 años (Wittmann 1998) y teniendo en cuenta que este puente había sobrevivido sin haber recibido manutención alguna durante varios siglos.

El desempeño a largo plazo de los materiales tradicionales es bien conocido, pero el de los materiales modernos aún se está investigando. Por ejemplo, se espera que las rocas naturales duren entre 10 y 100 años, dependiendo del tipo de roca y la agresividad del medio ambiente, mientras que pueden durar más de 100.000 años en condiciones más favorables (Pihlajavaara 1980); mientras que el hormigón expuesto a condiciones agresivas tiene una durabilidad de 1 a 10 años, en particular si se trata de hormigón armado. Uno de los factores que afecta su durabilidad, es el espesor de recubrimiento de la armadura, que puede ser de hierro o acero. Cuando el recubrimiento es menor a 1.3 cm, la corrosión de la armadura reduce la vida útil del concreto a unos 15 a 20 años (Rasheeduzzafar et al., 1983). El espesor mínimo necesario para prevenir esta corrosión en condiciones “normales” de servicio es de 2.5 cm (Merminod 1986), correspondiendo a la mitad del espesor de recubrimiento considerado adecuado (5 cm) para mantener una protección apropiada (Brown y Clifton 1988). Teniendo en cuenta los costos, el recubrimiento óptimo es 2.5 cm para un diseño de 50 años y considerando una razón de 100 entre los costos en caso de falla de protección por unidad de espesor. Si esta razón se incrementa a 1000, los costos de reparación son aún más caros, siendo el espesor óptimo unos 4 cm (Holicky y Mihashi 1998). Esto confirma que una buena construcción se puede realizar, pero a un costo más elevado.

Un caso similar es el de la manufactura de los ladrillos; la tecnología para fabricar materiales de excelente calidad existe, pero el precio que tiene no es generalmente aceptado. Por lo tanto, se producen materiales de menor calidad; y es difícil y mucho más caro obtener cerámicas duraderas. Simplificando, aun cuando los ladrillos fabricados hoy en día tienen una durabilidad

limitada, es posible producir materiales de mejor calidad pero la sociedad en general no está dispuesta a pagar un precio mayor por ellos.

En el caso de las rocas naturales usadas como piedras de construcción, hay una gran variabilidad, no sólo entre los diferentes tipos de rocas, tal como granitos y calizas, sino también dentro de cada tipo mismo, pues la calidad depende de su origen y condiciones de formación. El conocimiento que se ha adquirido con el tiempo está fundamentalmente basado en su uso como bloques. Pero la tecnología moderna, y el deseo de ahorrar estos materiales que no son renovables, llevaron a su uso como revestimiento. Con el desarrollo de las tecnologías de corte, las placas se cortan cada vez más finas, resultando en cambios importantes en su comportamiento mecánico, como ser la deformación plástica, que dependen del comportamiento de la roca frente a cambios de temperatura y/o humedad relativa, y que son más importantes cuanto más fina sea la placa (Winkler 1975). La textura de la roca y la anisotropía de sus minerales constituyentes afectan sus propiedades mecánicas lo que se refleja en importantes variaciones de su resistencia a la tracción dependiendo de la orientación del bloque durante el corte (Siegesmund et al. 1977, Siegesmund y Sneathlge 2014). El comportamiento a largo plazo de estos revestimientos se extrapola en base a la experiencia obtenida en estudios sobre bloques; pero no se sabe si la incertidumbre respecto a su durabilidad realmente se está teniendo en cuenta. Varios ejemplos demuestran que no siempre es así, como se ha observado tanto en el famoso caso del *Finlandia Hall* en Helsinki, como en el *Amoco Building* en Chicago, EEUU, ambos con un revestimiento de mármol de Carrara. En el caso del *Finlandia Hall*, construido entre 1967 y 1971, sólo unos pocos años más tarde las lajas del revestimiento tuvieron que ser cambiadas por su el pandeo resultante (Figuras 1, 2). Y dentro de los subsiguientes 20 años, tuvieron que ser nuevamente cambiadas (Carfagni 1999, Grellk et al. 2007; Keine 2015).

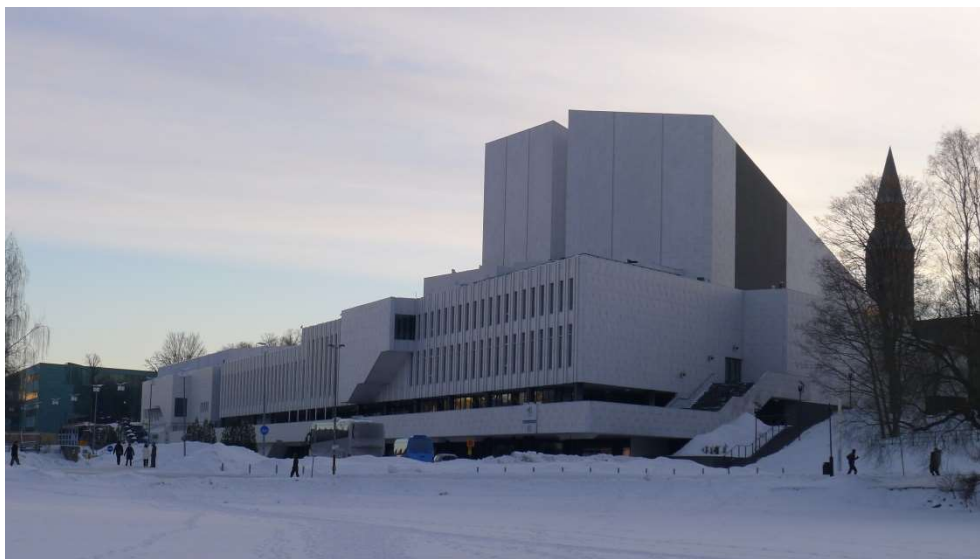


Figura 1. Vista del Finlandia Hall, diseñado por Alva Aalto, en invierno 2013. (Foto cortesía de Cecil, por Wikipedia Commons)



Figura 2. Vista parcial del Finlandia Hall donde el pandeo de las lajas de mármol de Carrara se puede ver claramente. (Foto Agosto 14, 2012. Cortesía de Daderot por Wikipedia Commons)

En el caso del *Amoco Building*, anteriormente llamado *Standard Oil*, y actualmente denominado *Aon Center*, el edificio fue completado en 1974, y pocos años más tarde los ingenieros notaron que las lajas del revestimiento comenzaban a pandearse. En 1998, 30% de las lajas se habían torcido hacia afuera por encima de 1 cm, a veces hasta más de 2 cm, y algunos paneles se desprendieron. Parte del problema fue que las lajas de 3 cm de espesor eran demasiado delgadas para resistir el clima agresivo de Chicago (Louran 2007). El costo de la renovación, que cambió las lajas de mármol de Carrara por el granito blanco de Mount Airy costó aproximadamente la mitad del costo original del edificio.

Aún materiales tradicionales, tales como los morteros, fueron modificándose a principios del siglo XX por el desarrollo del cemento portland. Morteros de cal o de cal hidráulica son totalmente compatibles con mampostería de piedra o ladrillo, pero no así los de cemento portland, por la diferencia de porosidad, dureza y rigidez entre los originales de cal y los de restauración, de cemento. Se pensó que los de cemento serían más duraderos que los de cal, requiriendo menor manutención, pero no se consideraron los problemas que crearían para el material de la mampostería. La consecuencia de estos daños fue la proliferación de formulaciones “modificadas” de morteros en base a cemento portland y con aditivos tales como resinas acrílicas o epoxídicas en dispersión para reducir la rigidez y mejorar la adhesión al ladrillo o a la piedra. También se usan formulaciones adicionadas con fibras, tales como la lignocelulosa para mejorar la trabajabilidad del mortero y sus propiedades elásticas (Kauw y Dominik 1993), pero falta establecer su buena performance con el tiempo.

Los morteros de cal tradicional tienen la capacidad de regenerarse con el tiempo. Es inevitable la formación de fisuras y rajaduras en los morteros, que pueden originarse durante el fraguado de la cal, o con el asentamiento de la estructura, vibraciones o aún diferencias en la expansión térmica o hídrica,—es decir la absorción de humedad ambiente— con el ladrillo (o la piedra). Como los morteros son porosos, el agua penetra en ellos y disuelve parte del mortero fraguado (carbonato de calcio) o los restos de cal hidratada que puedan haber quedado. Cuando el mortero seca, estos materiales se re-depositan cristalizando como carbonato de calcio (calcita) en la superficie del mortero, en los bordes de las fisuras o rajaduras, logrando de esta manera compensar este problema.

Los morteros de cemento son mucho menos solubles que los de cal aérea y requieren mucha más agua para su curado, lo que genera un incremento de su contracción y microfisuración durante el fragüe. Aun cuando haya algo de cal hidratada presente, como es evidente por la formación de estalactitas debajo de cualquier puente de hormigón, la cantidad es muy baja como para cerrar las fisuras formadas durante su curado y el cemento fraguado (en base a silicatos hidratados de calcio en forma acicular) no facilita la cristalización de nueva calcita sobre estos compuestos.

La vida de servicio de estos materiales no-tradicionales es muy difícil de estimar, por ejemplo el caso del acero esmaltado usado en las casas modulares *Lustron Homes* (Mitchell 1991) que fueron construidas en los años '50, eran económicas y se “armaban” en dos semanas. El objetivo era acomodar a los soldados que volvían de la segunda guerra mundial. Sobrevivieron bien por medio siglo, solamente requiriendo una manutención periódica y reemplazo de los selladores. Los selladores tienen un rol preponderante en las torres o “rasca-cielos” construidos básicamente en base de armaduras de acero y vidrio, donde sirven para “sellar” las juntas; pero tienen una vida útil limitada, estimada entre unos 5 a 20 años, siempre que el sellante utilizado sea apropiado al diseño.

Es irónico que la manutención regular, que se había discontinuado para la mayor parte de las estructuras históricas del siglo XIX, sea necesaria con la misma o aún mayor frecuencia para las construcciones modernas. En general, las razones que se dan para justificar la falta de manutención es la carencia de fondos. Pero entonces, ¿cómo se espera que la construcción moderna, que necesita una manutención más frecuente, se pueda preservar?

Conclusiones

Smith (1982) advierte, sobre todo para el caso particular de los EEUU, que “*Las prácticas constructivas iniciales fueron frecuentemente pobres... Muchos de los materiales, técnicas, o métodos usados no habían sido ensayados adecuadamente...*”. Aparentemente esto también es válido para las construcciones del pasado reciente (y aún del presente), pues el costo de una buena construcción es demasiado alto. Pero pasada [cierta cantidad de](#) años, algunas de estas construcciones se considerarán suficientemente importantes como para preservarlas. ¿Será posible analizar este dilema mediante un análisis de costos, por ejemplo usar la mejor tecnología

para algunos edificios para ser eventual patrimonio, o esperar hasta que el tiempo defina cuáles son las estructuras “elegidas” y luego pagar por la costosa conservación que necesitará para su protección? La respuesta posiblemente se encuentre entre las dos opciones.

Agradecimiento

La autora agradece los comentarios y sugerencias del Arqto. Marcelo L. Magadán que contribuyeron a mejorar este ensayo.

Referencias

- Araoz, G. F. 1998. “Three paradigms of Cultural Heritage.” APT Annual Conference, Williamsburg, Va. (manuscrito no publicado).
- Brown, P. W. y Clifton, J. R. 1998. “Mechanisms of deterioration in cement-based materials and in lime mortar”, en J. Rosval y S. Aleby (eds) Air Pollution and Conservation, Elsevier, Amsterdam. 225-236.
- Carfagni, J. R. 1999. “Some considerations on the warping of marble façades: The example of Alvar Aalto's Finland Hall in Helsinki”. Construction and Building Materials 13(8):449-457
- Garden, G. K. 1980. “Design determines durability”, en Durability of Building Materials and Components. ASTM Special Technical Publication 691. ASTM: Philadelphia, Pa. 31-37
- Grelk, B., Christiansen, C., Schouenborg, B., y Malaga, K. 2007. “Durability of Marble Cladding – A Comprehensive Literature Review” Journal of ASTM International, Vol. 4, No. 4, 2007.
- Holicky, M. y Hihashi, H. 1998. “The optimum thickness of concrete cover”, en P. Schwesinger y F. H. Wittmann (eds) Durable Reinforced Concrete Structures, Aedificatio Publishers, Freiburg. 141-150.
- ICOMOS Carta de Venecia. 1964. Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios. https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf
- Jackson, M. 1991. “Preserving what’s new” APT Bulletin XXIII [2] 7-11.
- Keine, S. 2015. “Warping and bowing of marble panels” Micro project Science and engineering of natural stone and glass. ETH Zurich.
https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifb/ifb-dam/homepage-IfB/Education/msc_courses/msc-science-of-glass-stone-in-construction/documents/s2.pdf

- Kauw, F. y Dominik, A. 1993. "Teil C: 3. Fugenmörtel und Verfugmörtel. Steinerfüllungsmörtel", en D. Knöfel y P. Schubert (eds) *Mörtel und Steinerfüllungsmörtel in der Denkmalpflege*, Ernst & Sohn, Berlin. 182-204.
- Loughran, P. 2007. "Thermal Hysteresis", en *Failed Stone: Problems and Solutions with Concrete and Masonry*. Basel: Birkhauser. 10-21.
- Merminod, C. 1986. "Computergergesteuerte Schadensdiagnose von Stahlbeton", en F. H. Wittmann (ed) *Material Science and Restoration*, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern. 145-154.
- Mitchell, R. A. 1991. What ever happened to Lustron Homes? *APT Bulletin* XXIII [2] 44-53.
- Orna, M. V., Anderson, R., Bender, B., Cramer, F., DeWitte, E., Drever, J. I., Ehling, A., Heckl, W. M., Lowenthal, D., Madsen, H. B., Melnick, R. Z., Samuel, D. y Westheimer, F. H. 1994. "Group Report: What is durability in artifacts and what inherent factors determine it?", en W. E. Krumbein, P. Brimblecombe, D. E. Cosgrove and S. Staniforth (eds) *Durability and change: The science, responsibility, and cost of sustaining cultural heritage*, John Wiley & Sons, Chichester. 51-66.
- Petroski, H. 1993. "Predicting disaster" *American Scientist* 81 [2] 110-113.
- Pihlajavaara, S. E. 1980. "Background and principles of long-term performance of building materials", en ASTM Special Technical Publication 691. ASTM: Philadelphia, Pa. 5-16.
- Rasheeduzzafar, Dakhil, F. H. y Al-Gahtan, A. S. 1983. "Corrosion Deterioration of Reinforcement in Concrete Structures in the Middle East", en F. H. Wittmann (ed) *Materials Science and Restoration*, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern. 175-179.
- Sibly, P. G. y Walker, A. C. 1997. Structural accidents and their causes. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 62 Part I. 191-208.
- Siegesmund, S., Vollbrecht, A., Ullemeyer, K., Weiss, T. y Sobott, R. 1997. "Anwendung der geologischen Gefügekunde zur Charakterisierung natürlicher Werksteine—Fallbeispiel: Kauffunger Marmor" *International Journal for Restoration of Buildings and Monuments* 3 [3] 269-292.
- Smith, B. M. 1982. "Diagnosis of nonstructural problems in historic masonry buildings", en *Conservation of historic stone buildings and monuments*. National Academy Press, Washington, D.C. 211-232.
- Winkler, E. M. 1975. *Stone properties, durability in man's environment*. 2ª edición, Springer Verlag, New York. 230 pp.

Wittmann, F. H. 1998. "Werkstoffe im Bauwesen oder: 'Durch Schaden wird man klug'"
International Journal for Restoration of Buildings and Monuments 4 for Restoration of Buildings
and Monuments 4 [3] 276-286

Ziegler, C. L. 2000. Ursachen der Festigkeit alter römischer und gotischer Gebäude und die
Mittel, gleiche Dauerhaftigkeit bei neuen Mauerwerken zu erhalten, International Journal for
Restoration of Buildings and Monuments 6 [1] 3-40 (facsimil del original de 1776)