

Consideraciones técnicas

# Morteros de reparación de alta especificación

Ing. Gustavo Rincón  
Analista de Desarrollos CP. Toxement S.A.



→ Movistar Arena, Bogotá. Estructura en concreto masivo con diseño arquitectónico especial. TOXEMENT S.A.

Partiendo de la declaración de **desarrollo sostenible** de la Cumbre de Río en 1992, la tradicional visión de **demoler y construir ya no es viable**; por lo mismo, las nuevas tecnologías de materiales de **reparación** son tan importantes como el concreto mismo.

**El concreto es el material de construcción más usado a nivel mundial** y es fácil reconocer que, gracias a su disponibilidad, plasticidad, economía, resistencia y durabilidad no tiene competencia. Principalmente por la durabilidad, vemos que innumerables construcciones son el legado de arquitectos y diseñadores que grabaron su nombre en la historia gracias a que sus edificaciones siguen prestando servicio después de muchos años.

La durabilidad del concreto no significa que sea un material indestructible pues, indirectamente, también es responsable de que los problemas constructivos con frecuencia sean ignorados hasta cuando el daño se hace evidente. Partiendo de la declaración de desarrollo sostenible de la Cumbre de Río en 1992, la tradicional visión de demoler y construir ya no es viable; por lo mismo, las nuevas tecnologías de materiales de reparación son tan importantes como el concreto mismo.

Al hablar de reparación de concreto hay que resaltar el trabajo hecho por el *American Concrete Institute* y el *International Concrete Repair Institute*, entidades que durante décadas se han encargado de establecer estándares y guías de trabajo en todo lo que concierne a la reparación de estructuras de concreto. La experiencia y la visión multidisciplinaria de ingenieros, fabricantes, especificadores y aplicadores ha pavimentado un cómodo camino para que los encargados de tomar decisiones dispongan de una fuente de información confiable y de fácil acceso, que no deje detalles al azar. Todo esto ha sido consignado en el *Manual de Reparación de Concreto*<sup>1</sup>.

Antes que nada, hay que establecer que el éxito en una tarea de reparación de concreto no depende únicamente del material de reparación. Los fabricantes pueden formular una gran variedad de productos con fascinantes características que directamente determinan el desempeño de la reparación. Sin embargo, el material es solo uno de los participantes del sistema, muy importante, claro está, pero no el único.

La guía ICRI No. 320.2R *Selecting and Specifying Materials for Repair of Concrete Surfaces*, cuya última actualización fue en el año 2018, establece los lineamientos técnicos que ayudan a diseñadores, especificadores, aplicadores y fabricantes a orientar las decisiones en la selección de materiales de reparación de concreto, de tal manera que en cada proyecto se defina cuáles son las necesidades y qué propiedades debe tener el producto aplicado para obtener reparaciones duraderas y efectivas.

Para empezar adecuadamente un proyecto de reparación es indispensable determinar minuciosamente la causa del problema, su gravedad y dimensión. Para tal objetivo, el *Manual de Reparación de Concreto* recomienda aplicar la guía ACI 364.1R *Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation*; este documento define el procedimiento general para la evaluación detallada de la estructura, de tal manera que el responsable de la evaluación determine cuáles son las causas principales del problema.

### Análisis de causa raíz

El daño en estructuras de concreto puede obedecer a múltiples factores. Por ejemplo, es común encontrar proyectos donde se manifiesta que la causa del daño es corrosión en la estructura de refuerzo; sin embargo, hay que aclarar que la corrosión no es la causa del problema sino uno de sus efectos, es decir, hay que ir más allá y establecer cuál es la causa raíz que provoca la degradación del material de refuerzo y el subsecuente daño al concreto que hace evidente el problema.

Las principales causas de deterioro de estructuras, según el procedimiento de diagnóstico recomendado por el Manual de Reparación del ACI, se agrupan así:

- Errores asociados al proceso de diseño
- Especificación o uso inadecuado de materiales
- Errores durante la aplicación y el proceso constructivo
- Agentes ambientales
- Sobrecargas a la estructura
- Eventos accidentales como incendios, sismos o inundaciones
- Reparaciones inadecuadas

Determinar la causa raíz del problema no es tarea fácil; exige realizar inspecciones visuales, mediciones en sitio, toma de muestras, evaluación de propiedades en el laboratorio y diagnósticos precisos como los obtenidos a través de petrografía del concreto<sup>2</sup>.

→ Proyecto Tercer Puente, Canal de Panamá. Estructura sometida a grandes esfuerzos y condiciones ambientales que requieren materiales de alto desempeño. TOXEMENT S.A.



### Planteamiento de objetivos

Una vez identificada la causa del problema, el paso a seguir es determinar los objetivos del proyecto. Es aquí donde el propietario establece prioridades en cuanto al desempeño, el presupuesto y los riesgos asociados a cada situación. Un proyecto puede tener diferentes objetivos a la hora de solventar un deterioro del concreto. Dentro de las posibilidades están:

1. Preservar el material: mantener el estado actual de la estructura evitando deterioro futuro
2. Rehabilitar el material: proceso en que se repara y modifica la estructura para darle un uso específico
3. Reparar el material: se reemplazan o se corrigen los daños, componentes o elementos de la estructura
4. Restaurar el material: se recuperan la integridad, la forma y la apariencia deseada de la estructura

Cuando se llega a un acuerdo con respecto al objetivo del proyecto, lo siguiente es determinar cuáles son las propiedades del material de reparación adecuado. Tales propiedades están directamente relacionadas con la causa raíz del problema pues, además de corregirlo, hay que evitar que se replique en el futuro.

### Materiales de reparación de alta especificación

Es responsabilidad del especificador del proyecto establecer con claridad las propiedades clave que debe tener el material de reparación, y apoyarse para esto en los estándares reconocidos por la industria y las asociaciones afines, quienes han determinado objetivamente la evaluación y medición de propiedades técnicas de los materiales. Normalmente los fabricantes adoptan los estándares según la región en que se fabrican sus materiales. Algunos de los más reconocidos son los establecidos por las

1: El *Manual de Reparación de Concreto* disponible en su cuarta versión y cuenta con más de 2.000 páginas. El trabajo detallado que presenta dicho manual no es único del ACI y el ICRI; para su desarrollo, organizaciones afines de la industria consolidaron la Visión 2020 en donde se establecen metas y planes de acción para optimizar eficiencia, calidad y seguridad en las operaciones relacionadas con reparación, protección y fortalecimiento de concreto. Organizaciones participantes en la Visión 2020: ACI, American Concrete Institute, ASCE, American Society of Civil Engineers, ASA, American Shotcrete Association, ASCC, American Society of Concrete Contractors, ASTM, American Society of Testing and Materials, BRE (anteriormente Building Research Establishment), CRC, Construction Research Communications, The Concrete Society, ICRI, International Concrete Repair Institute, NACE

International (anteriormente National Association of Corrosion Engineers), PTI, Post-Tensioning Institute, SSPC, Society for Protective Coatings, USACE, United States Army Corps of Engineers.

2: El análisis petrográfico es el método más completo de evaluación y diagnóstico de causas raíz, ya que mediante microscopio petrográfico e incidencia de luz ultravioleta, polarizada o normal, permite determinar factores clave como: proporción de agregados y material cementante (porcentaje de aire incluido), tipo, forma y granulometría de agregados, naturaleza química del material cementante y posibles adiciones, grado de hidratación del cemento, adherencia entre la pasta de cemento y agregados, porosidad, presencia de materiales contaminantes, carbonatación, fenómenos de reactividad álcali agregado, fisuras, vacíos o intrusiones.



↑ a. Daños comunes en estructuras de concreto sumergidas y permeables, claramente debilitadas por alto grado de corrosión en el acero de refuerzo. b. Estructura enterrada bajo nivel freático, se usa mortero de reparación de rápido fraguado y sin contracción para aplicaciones verticales y sobrecabeza. TOXEMENT S.A.

normas ASTM *International*, ISO, UNE, DIN o, en Colombia, las Normas Técnicas Peruanas (NTP). Estas organizaciones no sólo establecen múltiples clasificaciones en los diferentes tipos de materiales, sino que también definen con mucha claridad umbrales cuantitativos, instrumentos y métodos de ensayo, logrando unificar el idioma técnico y establecer criterios y comparaciones objetivas entre sí. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las organizaciones pueden variar la metodología de medición de una misma propiedad y, por lo tanto, los valores reportados en las hojas técnicas de los fabricantes no siempre son comparables entre sí. De allí la importancia de que cada uno de estos valores esté soportado en una norma técnica estandarizada en la industria.

Los participantes de un proyecto constructivo son conscientes de que no existe una solución universal para todas las posibles patologías del concreto. La labor del fabricante está en diseñar productos que maximicen los valores de las propiedades necesarias en cada proyecto sin sacrificar las demás y, claro está, que sean económicamente viables. Para esto, los avances en los últimos años vienen a un ritmo acelerado y de alta prestación. Así, hace tiempo los morteros de reparación dejaron de ser una simple mezcla de cemento hidráulico y agregados y se convirtieron en productos innovadores, de alta especificación, soportados por la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y optimizando sus propiedades según las necesidades de cada proyecto. El *Manual de Reparación de Concreto* en su guía ICRI No. 320.2R menciona algunas de las principales propiedades que tienen los materiales de reparación cementicios, según la Tabla 1.

↓ Tabla 1. Propiedades de materiales de reparación cementicios. BASADO EN GUÍA ICRI N° 320.2R

Propiedades del material de reparación Guía ICRI No. 320.2R			
Mecánicas	Dimensionales	Ligadas al tiempo	De Durabilidad
Resistencia a la compresión	Retracción por secado	Asentamiento / Fluidez	Permeabilidad
Adherencia	Módulo de elasticidad	Manejabilidad	Reactividad álcali agregado
Resistencia a la flexión	Coefficiente de expansión térmica	Tiempos de fraguado	Resistencia a la abrasión o impacto
Resistencia a la tensión	Deformación por carga (Creep)	Tasa de ganancia de resistencia	Resistencia a sulfatos

## Modificación polimérica de propiedades mecánicas

El cemento y los materiales de reparación base cemento tienen, por sí mismos, excelente resistencia a esfuerzos compresivos; el problema real radica en la resistencia a otros tipos de esfuerzo como la tensión, la flexión o el cortante. Para mejorar estas propiedades mecánicas, un gran avance de la industria en los últimos años es la modificación polimérica. Este proceso puede hacerse mediante dispersiones acuosas en los materiales bicomponentes, pues en la comercialización común, los productos se componen de dos partes: por un lado, una dispersión polimérica junto con el agua necesaria para la mezcla, y el mortero seco con cemento, agregados y aditivos en polvo por el otro.

También existen tecnologías más modernas como polímeros redispersables en morteros secos, materiales que permiten manejar productos monocompuestos, que simplemente se mezclan con la cantidad de agua indicada por el fabricante, optimizando así el volumen en el transporte, almacenaje y disposición de empaques y, en muchos casos, mejorando el desempeño.

La cuidadosa formulación de morteros de alta especificación con modificación polimérica va más allá de la naturaleza química, que es por sí misma un amplio campo de estudio de interacciones intermoleculares, tamaños de partículas y de compatibilidad con el resto de los materiales en la formulación. Su adecuada selección permite aportar ventajas en materia de resistencia a variados esfuerzos, significativas mejoras en la adherencia y múltiples consistencias y nivelación o escurrimiento en los productos cementicios, generando así una amplia gama de opciones en el momento de seleccionar el producto idóneo según las condiciones de servicio.

## Tiempo

Durante un proyecto de construcción el tiempo es siempre un factor a tener en cuenta, no solo por los plazos de la aplicación, sino por la rapidez en que se pueda dar servicio a una estructura. Los aditivos modificadores de fraguado, acelerantes, retardantes y modificadores de manejabilidad del concreto son ampliamente reconocidos en la industria, llegando incluso a ser tecnologías adoptadas por los materiales de reparación y llevadas a un nuevo nivel.

Además de las interacciones químicas de los aditivos acelerantes o retardantes durante la hidratación del cemento hidráulico tradicional, los fabricantes de materiales de reparación han optado por trabajar directamente de la mano con los fabricantes de cemento para obtener materiales de rápido fraguado y alto índice de ganancia de resis-



tencia. Hoy en día existen materiales con tiempos de fraguado reducidos a minutos que hacen que, en muchas ocasiones, los populares 28 días de curado se reduzcan significativamente, logrando resistencias cercanas a las finales en periodos mucho más cortos, generando que la eficiencia ligada al tiempo aporte mejoras sustanciales en los proyectos de reparación.

### Consistencia, fluidez y manejabilidad

Los tradicionales modificadores de fluidez base naftaleno, lignosulfonatos e incluso superplastificantes tipo policarboxilatos, son de amplio uso en la industria concretera mediante aditivos líquidos. Dichas tecnologías son igualmente aplicadas en los materiales de reparación mediante su inclusión

↑ Acabado de piso industrial.  
Proyecto American Industrial  
Park, El Salvador.  
TOXEMENT S.A.

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y

↑ Estampado edificio Conecta,  
Bogotá.  
TOXEMENT S.A.



directa a la formulación en seco, y han permitido optimizar al máximo las relaciones agua-cemento de dichos materiales, generando mejoras en las propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y demás propiedades finales del material ligadas a la hidratación del cemento.

### Otras consideraciones

La lista de propiedades que se pueden optimizar en un material de reparación es suficientemente extensa como para que los fabricantes tengan múltiples opciones para modificarlas. Además de las ya mencionadas, que son de amplio uso y reconocimiento en el mercado, existen materiales que incluyen fibras poliméricas o naturales para mejorar la estabilidad dimensional del material y sus propiedades mecánicas. También es popular la adición de materiales hidrofóbicos que reducen la permeabilidad y absorción de agua. Así mismo, se emplean incluso aditivos de aire, desaireantes, anticorrosivos, promotores de adherencia, reductores de permeabilidad, aislantes térmicos o eléctricos, agentes expansivos, puzolanas, arcillas, siliconas, nuevos agregados y reductores de polvo, entre otros, por lo cual exista un amplio catálogo que no se limita a las propiedades tradicionales, sino que busca día a día satisfacer las necesidades de los clientes y sus proyectos. La lista va más allá de las propiedades técnicas, pues los avances en el uso de nuevos materiales reciclables, la eliminación de materiales peligrosos y la reducción en la huella de carbono han dado a su vez una orientación ecológica a la industria.

### Más allá del material

Más allá del material en sí, la variedad de elementos que interactúan en un proyecto de reparación es una lista que se prolonga a medida que se analizan los detalles como el ambiente que rodea la aplicación: temperatura, humedad, viento y demás condiciones ambientales; la manera como se almacenan los materiales, los equipos de mezcla, las herramientas usadas para la aplicación, la experiencia del aplicador o incluso la asesoría recibida, todos ellos factores que pueden afectar tanto el resultado como la propia elección del material de reparación.

### Conclusión

Como se ha mencionado, los materiales de reparación son un completo mundo de posibilidades que los fabricantes reducen a un óptimo catálogo que satisface las necesidades de especificadores, arquitectos, ingenieros, diseñadores y clientes. Las posibilidades son extensas y dinámicas, siendo un mundo siempre abierto a nuevas opciones que dan respuesta al continuo avance de la ciencia aplicada a la construcción. 