



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



**PROPUESTA DE CONTENIDO DE PRE-NORMA MEXICANA CON
MÉTODOS PARA LIMPIEZA DE SUPERFICIES EN REPARACIONES DE
CONCRETO**

**D. Nieves-Mendoza¹, M. A. Baltazar-Zamora¹, P. Castro-Borges²,
H. L. Hervert-Zamora³, E. E. Maldonado-Bandala², E. I. Moreno⁴,**

1 Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil – Xalapa, Circ. G. Aguirre Beltrán s/n Xalapa,
Veracruz, México.

2 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Mérida. Departamento de Física Aplicada. Km. 6
Antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yuc., México

3 Universidad Politécnica de Altamira, Facultad de Ingeniería Industrial, Boulevard Manuel Cavazos Lerma #406
Local2 Altamira Centro. Altamira Tamaulipas C. P. 89600

4 Universidad Autónoma de Yucatán – Facultad de Ingeniería FI-UADY. Av. Industrias no Contaminantes Apdo.
Postal 150. Mérida, Yucatán, México

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proponer un contenido de pre-norma con métodos de preparación de superficies de concreto a reparar. Se toman en cuenta aspectos importantes para la realidad mexicana y que no se encuentran comúnmente en otras normativas: a) la reparación del concreto como un proceso complejo que debe integrar nuevos con viejos materiales que deben resistir las exposiciones de servicio, medio ambiente y tiempo, b) el proceso de preparación de la superficie como una de las fases más críticas del trabajo de reparación, y c) la interfase que se forma entre el concreto existente y el nuevo y sus funciones estructurales y de protección contra el ambiente.

Palabras clave: Normatividad, limpieza de superficie, estructuras de concreto reforzado.

ABSTRACT

This paper has the objective of proposing a mexican pre.standard about methods to prepare surfaces when repairing concrete. Some important aspects for the Mexican reality and not usually taken into account in common standards are presented: a) repair of concrete as a complex process that must integrate new and old concrete as well as performance under service and environment requirements, b) process of surface preparation as a critical face of the repair, and c) the interface formed between old and new materials and its structural and protection properties.

Keywords: Mexican standards, surface preparation, reinforced concrete structures



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



ANTECEDENTES

La corrosión del acero de refuerzo es uno de los principales factores del deterioro prematuro de las estructuras de concreto reforzado (ECR). Las condiciones climatológicas y afectaciones naturales han cambiado considerablemente afectando con ello al ser humano y el entorno que lo rodea, en este caso afectando la durabilidad de las estructuras de concreto; tan es así que se han registrado varios casos en todo el mundo de estructuras que terminaron su vida útil mucho antes de lo proyectado [1, 2]. La durabilidad de las ECR's está limitada por la exposición de agentes agresivos (CO_2 , SO_4^{2-} , Cl^-) [3,4,5], causando degradación por corrosión en el acero de refuerzo.

En estudios realizados se ha demostrado que existe un efecto superficial en el acero de refuerzo al entrar en contacto con el medio ambiente. Se recomienda que en ambientes urbanos el acero no esté expuesto por más de 11 días sin ningún revestimiento, y en climas marinos se recomienda que el acero no esté expuesto por más de un día sin ningún revestimiento. El deterioro del concreto durante su vida útil se puede deber a diferentes causas, dentro de las cuales se encuentra un mal proceso de fabricación, una mala calidad de los elementos que lo constituyen y por la propia exposición al medio ambiente en el cual presta su servicio.

Para establecer o desarrollar una estrategia efectiva de reparación, y realizar una adecuada preparación de la superficie a ser reparada, es necesario: a) Identificar la fuente o causa que dio origen al mal comportamiento de la estructura de concreto; b) Establecer el mecanismo de desintegración. Todos estos aspectos son mencionados en la pre-norma propuesta.

La propuesta de norma mexicana para la preparación de superficie de estructuras de concreto reforzado, busca unificar el procedimiento para la correcta preparación, que conduzca al operador durante la realización de las reparaciones in-situ y/o en laboratorio a resultados confiables con un alto grado de reproducibilidad y repetibilidad. Existe una cantidad grande de información, generada por los diferentes grupos de trabajo nacionales, con datos reales de concretos reforzados en diferentes climas, con los cuales se podría comenzar a trabajar para llegar a términos adecuados. A continuación se muestra un panorama general del contenido propuesto para la pre-norma. Algunos de los incisos se encuentra parcialmente desarrollados, otros ya los están y otros más están únicamente planteados.

CONTENIDO PROPUESTO PARA DESARROLLO DE PRE-NORMA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO
METODO PARA LA LIMPIEZA DE SUPERFICIE

1. OBJETIVO

Esta norma mexicana establece los métodos de preparación de superficie para realizar la reparación de estructuras de concreto hidráulico dañada o deteriorada.



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana es aplicable a estructuras de concreto hidráulico cuando por mala apariencia, servicio inadecuado y/o cuando su capacidad estructural se ve comprometida, y es necesario realizar trabajos de reparaciones.

3. REFERENCIAS (a desarrollar)

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES (a desarrollar)

5. CLASIFICACIÓN (a desarrollar)

6. PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

6.1 Paso 1

Localice el área que ha de ser reparada. Use el sondeo con martillo y el arrastre de cadena para localizar delaminación. Diseñe e instale un sistema de soporte temporal previamente a cualquier retiro del concreto (cuando sea necesario)

6.2 Paso 2

Retire el concreto deteriorado usando métodos aceptables. Cuando se encuentre acero ahogado, siga las recomendaciones establecidas. Es de suma importancia el corte inferior de las varillas expuestas para obtener éxito a largo plazo de las reparaciones de superficie. Las varillas que sean dañadas en la operación de remoción, o que tengan una pérdida significativa de sección, pueden requerir reparación.

6.3 Paso 3

Prepare los límites de la superficie a reparar para evitar condiciones de orillas muy delgadas. La geometría de los límites debe minimizar la longitud de las orillas. El concreto lanzado puede requerir algunas modificaciones para orillas en escuadra. (ACI 506R-90).

6.4 Paso 4

Limpie la superficie del acero de refuerzo y del concreto expuesto. La limpieza de la superficie, es de suma importancia para lograr una adherencia adecuada entre la reparación y el concreto existente.

6.5 Disposición recomendada de las preparaciones de superficie



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



El deterioro de las superficies de concreto generalmente no es uniforme. Las áreas que requieran reparación deben ser modificadas para que proporcionen una disposición simple. Los croquis deben ser diseñados de modo que reduzcan la longitud de los bordes de los límites. Las condiciones de orillas excesivas o complejas dan como resultado concentraciones de esfuerzo por contracción y agrietamiento. Si se usa el aserrado como un método para reparar las condiciones de orillas, tenga en cuenta que las sierras cortan en línea recta y que, donde haya vueltas, se pueden requerir cortes excesivos con la sierra.

6.6 Geometría de remoción recomendada (a desarrollar)

6.7 Método de remoción del concreto: a profundidad parcial

6.7.1 Martillo cincelador neumático

Los martillos cinceladores de clase #15 al #30 son las herramientas de remoción más comunes para la reparación de superficies. El martillo #15 es lo suficientemente ligero para usarse en superficies verticales y a una altura por encima de la cabeza. Se usan puntos de cincelado para reparar secciones generales. Los martillos más grandes #30 pueden dañar el acero de refuerzo que se encuentre, y deben evitarse para remociones de profundidad parcial. También se dispone de cinceladores eléctricos e hidráulicos

6.7.2 Hidro-remoción

El agua a alta presión (20,000 a 40,000 psi (138 a 276 MPa)) proyectada sobre superficies de concreto afectadas remueve eficazmente el concreto.

6.7.3 Desbastador neumático

Los desbastadores neumáticos utilizan herramientas de cepillado alternativo que golpean la superficie de concreto. Después de cada golpe, se remueven pequeñas cantidades de concreto. Cuando se usen desbastadores neumáticos, debe tenerse mucha precaución para evitar abollar la superficie de concreto

6.7.4 Máquina de fresado rotatorio (a desarrollar)

6.8 Método de remoción del concreto: a profundidad total

6.8.1 Rompedores neumáticos manuales

Los rompedores manuales de clase #30 a #90 son herramientas efectivas para la remoción de concreto. Debe tenerse cuidado en no dañar el acero de refuerzo que pueda encontrarse.

6.8.2 Rompedores neumáticos/hidráulicos montados



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



Los rompedores montados son efectivas herramientas de remoción para altos volúmenes. Generalmente se encuentran en retroexcavadoras, cargadoras montadas en largueros, y robots operados a control remoto. Cuando se usen rompedoras, debe tenerse mucha precaución para evitar romper la superficie de concreto sano.

6.8.3 Fracturadores

Son herramientas usadas para fracturar el concreto en pedazos que sean fácilmente removibles. Las partidoras se encuentran disponibles en tres tipos: cuñas hidráulicas, presión de fluido, cementos expansivos. Los más comunes son las curias hidráulicas y los cementos expansivos. Para los tres tipos se taladran hoyos. Las cuñas hidráulicas utilizan cuñas de acero insertadas en el ancho de agujero taladrado por medio de un ariete hidráulico. El cemento expansivo es mezclado con agua y vertido o pisoneado en el agujero taladrado. A las 24 horas el cemento se expande ejerciendo fuerzas lo suficientemente grandes para fracturar el concreto.

6.8.4 Hidrodemolición

El equipo de hidrodemolición utiliza agua a alta presión (20,000 a 40,000 psi (138 a 276 MPa)) proyectada en la superficie de concreto. Pueden hacerse remociones efectivas a toda profundidad con este equipo cuando se trata de losas delgadas.

7. PREPARACIÓN DEL SUBSTRATO

Definimos la preparación del substrato como el conjunto de procedimientos que se deben realizar a los elementos estructurales antes de la limpieza de la superficie y de la colocación del nuevo concreto.

En la Tabla 1 se relacionan los principales procedimientos de preparación del substrato:

TABLA 1.- Procedimiento de preparación del substrato (condiciones adecuadas)

Numeral	Procedimiento	Procedimiento más adecuado para			
		concreto con superficie		acero con superficie	
		seca	húmeda	seca	húmeda
7.1	Escarificación manual	adecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
7.2	Disco de desbaste	aceptable	adecuado	aceptable	aceptable
7.3	Escarificación mecánica	adecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
7.4	Chorro de granalla	adecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
7.5	Demolición	adecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
7.6	Lijado manual	inadecuado	aceptable	adecuado	aceptable
7.7	Lijado eléctrico	adecuado	aceptable	adecuado	aceptable
7.8	Cepillado manual	adecuado	aceptable	adecuado	aceptable
7.9	Martillo de puntas	adecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
7.10	Pistola de aguja	inadecuado	inadecuado	adecuado	adecuado



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



7.11	Chorro de arena seca	adecuado	adecuado	adecuado	aceptable
7.12	Chorro de arena húmeda	inadecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
7.13	Disco de corte	aceptable	adecuado	adecuado	adecuado
7.14	Quema controlada	adecuado	inadecuado	inadecuado	inadecuado
7.15	Remoción de aceites y grasas impregnadas	inadecuado	adecuado	inadecuado	adecuado
7.16	Máquina de desbaste superficial	aceptable	adecuado	inadecuado	inadecuado

TABLA 2.- Ventajas y Desventajas

	Usos comunes	Ventajas	Desventajas
7.1 Escarificación manual	Preparación de pequeñas superficies y zonas de difícil acceso para equipos mayores. Repicado de las superficies	Método práctico para intervenciones menores. Poco ruido y ausencia de polvo excesivo. No requiere de equipos ni mano de obra especializada ni instalaciones de agua o energía por lo que puede utilizarse en zonas apartadas.	Su uso es limitado por no poseer altos rendimientos. Se requiere de la limpieza del polvo mediante lavado o preferiblemente mediante aire comprimido.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
7.16 Máquina de desbaste superficial	Preparación de grandes áreas horizontales, pisos y losas donde exista adecuado recubrimiento del acero de refuerzo y donde sea necesaria la remoción de espesores de 0.5 a 3 mm. Pueden usarse pequeñas máquinas manuales en superficies verticales.	Altos rendimientos. Desbasta espesores gruesos de manera uniforme y eficiente.	Su uso se limita a superficies horizontales y planas.

7.1 Escarificación manual

7.1.1 Equipo



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



Puntero, cincel y mazo

7.1.2 Procedimiento

Señalar el área que se desea intervenir. Se escarifica de afuera hacia adentro, tomando la precaución de no dejar zonas quebradizas o astilladas. Se debe tener especial cuidado para no picar el acero de refuerzo. Se retira el material hasta dejar una superficie sana, rugosa y compacta que permita las mejores condiciones de adherencia. Cuando sea necesario, se debe prever el apuntalamiento.

7.16 Máquina de desbaste superficial

7.16.1 Procedimiento

Humedecer previamente la superficie de concreto.

Desplazar el equipo a lo largo de franjas paralelas, procurando mantener la velocidad de movimiento constante.

7.16.2 Equipo

Pulidora industrial con disco para desbaste de pisos, húmedo o seco Escarificadoras o fresadoras mecánicas (ver 7.3)

8. LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES

Definimos la limpieza del substrato como el conjunto de procedimientos que se deben realizar a los elementos estructurales antes de la aplicación de los materiales de la reparación.

La Tabla siguiente reúne los principales procedimientos de limpieza.

TABLA 3.- Procedimientos de limpieza

Numeral	Procedimiento	Procedimiento más adecuado para			
		Concreto con superficie		Acero con superficie	
		seca	húmeda	seca	húmeda
8.1	Chorro de agua fría alta presión	inadecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
8.2	Chorro de agua caliente alta presión	inadecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
8.3	Chorro de agua a baja presión	inadecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
8.4	Vapor	inadecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
8.5	Soluciones ácidas	inadecuado	adecuado	inadecuado	inadecuado
8.6	Soluciones alcalinas	inadecuado	adecuado	inadecuado	adecuado
8.7	Remoción de aceites y grasas superficiales	inadecuado	adecuado	adecuado	adecuado



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



8.8	Chorro de aire comprimido	adecuado	aceptable	adecuado	aceptable
8.9	Solventes volátiles	adecuado	adecuado	inadecuado	aceptable
8.10	Saturación con agua	inadecuado	adecuado	inadecuado	adecuado
8.11	Aspiración al vacío	adecuado	inadecuado	aceptable	aceptable

TABLA 4.- Ventajas y Desventajas

	Usos comunes	Ventajas	Desventajas
8.1 Chorro de agua fría a alta presión	Limpieza de grandes y pequeñas áreas.	Permite la limpieza de la superficie al mismo tiempo que la humedece. No produce polvo o gases, ni vibraciones Altos rendimientos	No es apropiado cuando los materiales de reparación requieren substrato seco para una buena adherencia Alto costo de los equipos
.	.	.	.
8.11 Aspiración al vacío	Limpieza en seco de superficies de concreto apropiadas para recibir adhesivos y puentes de adherencia que requieren substrato seco.	Retira partículas pequeñas (polvo) Ideal para áreas cerradas (sin ventilación)	No retira partículas grandes ni húmedas.

8.1 Chorro de agua fría a alta presión

8.1.1 Equipo

Manguera para alta presión, equipo tipo lava-a-chorro y salida direccional. El equipo consta de bomba de agua de presión, compresor de aire que produzca un mínimo de 85 cfm \cong 120 psi, mangueras de alta presión, boquillas adecuadas, equipo de chorro de agua con ruedas para desplazamiento horizontal

8.1.2 Procedimiento

Iniciar la limpieza de arriba hacia abajo, procurando mantener una presión suficiente para remover las partículas sueltas. Preferentemente mover en círculo la manguera para que el chorro permita la limpieza de la superficie.

Este método consiste en rociar agua a presiones entre 5000 y 45000 psi, para remover incrustaciones duras de suciedad y material suelto o mal adherido.

También puede usarse para remover recubrimientos epóxicos, uretanos entre otros. Es usado para remover capas carbonatadas

8.11 Aspiración al vacío



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



8.11.1 Equipo

Varias opciones: aspirador de polvo industrial compacto, especialmente proyectado y equipado para aspirar polvo de concreto

8.11.2 Procedimiento

Aspirar cuidadosamente las áreas que serán tratadas manteniendo la boca del aspirador próxima a la superficie del concreto (2 mm)

9 ACERO DE REFUERZO CORROÍDO

Si al remover el concreto suelto se observa corrosión en el acero de refuerzo, se tiene que hacer un corte por medio de sierra u otros métodos, el corte se hace aproximadamente a un ángulo de 90° respecto a la superficie, a menos de 1/2" de profundidad, se remueve el concreto para dejar expuesta la varilla completamente; el concreto se debe remover un mínimo de 3/4 de pulgada por debajo de la varilla corroída, a continuación se procede a limpiar la varilla. En ocasiones las varillas no corroídas quedan expuestas y perturbadas por el proceso de remoción, en estos casos incluso la varilla no corroída debe quedar expuesta para luego realizar una reparación en ambas

9.1 Limpieza del acero de refuerzo (Procedimiento general)

9.1.1 Paso 1

El acero de refuerzo corroído, encontrado en el proceso de reparación, exige que el concreto sea removido alrededor de la circunferencia total de la varilla. Esto permite que se limpie el acero de refuerzo y que se coloque un material uniforme al rededor de él.

9.1.2 Paso 2

Los óxidos excesivos y otros materiales inhibidores de adherencia deben ser removidos por un método de limpieza aceptable.

9.1.3 Paso 3

Las varillas dañadas durante las operaciones de remoción o con una pérdida crítica de sección pueden requerir su reparación o su reemplazo.

9.1.4 Paso 4

En ciertas ocasiones pueden aplicarse revestimientos especiales para agregar protección adicional al acero de refuerzo.



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



9.2 Limpieza del acero de refuerzo

9.2.1 Procedimientos generales

Debe de removerse toda la herrumbre y las escamas de la varilla de refuerzo para promover la máxima adherencia con los materiales de reparación. Puede acumularse un ligero óxido muy adherido después de la limpieza. Esto usualmente no representa ningún detrimento a la adherencia. Si se está aplicando una capa protectora a la varilla de refuerzo, deben seguirse las indicaciones del fabricante para la preparación de la superficie

9.2.2 Descamadores de aguja (a desarrollar)

9.2.3 Limpieza con agua a alta presión (a desarrollar)

9.2.4 Limpieza con sopleteado abrasivo (a desarrollar)

9.2.5 Cepillado eléctrico con alambre (a desarrollar)

9.3 Reparación del acero de refuerzo (por pérdida de sección)

CONCLUSIONES

Se ha presentado el contenido posible de una prenorma mexicana con métodos de preparación de superficie para realizar la reparación de estructuras de concreto hidráulico dañada o deteriorada.

El contenido incluyó aspectos desarrollados y por desarrollar. El contenido de la pre-norma incluye puntos importantes para la realidad mexicana y que no se detectan fácilmente en la literatura

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo parcial de CONACYT mediante los proyectos: Ciencia Básica 57420 y CIAM 54826. D. Nieves, E. Maldonado y M. Baltazar agradecen el apoyo de CONACYT dentro de estos proyectos para estancias posdoctorales. Los autores agradecen a M Balalancán su apoyo en la obtención de información necesaria para algunas partes del trabajo.

REFERENCIAS



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



1 Tourney P., Berke, N.: “Concrete International”. 1993

2 E.J. Wallbank. The performance of concrete bridges: a survey of 200 highway bridges. HMSO. London. (1989) 96.

3 J. Zuquan, S. Wei, Z. Yunsheng, J. Jinyang, L. Jianzhong “Interaction between sulfate and chloride solution attack of concretes with and without fly ash” Cement and Concrete Research, 37 No.8 (2007) p.p. 1223-1232

4 Ki Yong Ann, Ha-Won Song “Chloride threshold level for corrosion of steel in concrete” Corrosion Science, 49, No.11(2007) p.p. 4113-4133

5 F. Barberon, V. Baroghel-Bouny, H. Zanni, B. Bresson, J. d'Espinose de la Caillerie, L. Malosse, Z. Gan “Interactions between chloride and cement-paste materials” Magnetic Resonance Imaging, 23, No. 2 (2005) p.p.267-272