

Desarrollo del concreto compactado con rodillo (CCR) en la construcción de pavimentos de concreto en Costa Rica

Ing. Jorge Solano Jiménez
Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto, ICCYC
Costa Rica

Introducción

El concreto compactado con rodillo es una técnica de la ingeniería para construir obras civiles utilizando un concreto no convencional.

Consiste en emplear mezclas con un contenido de cemento similar al del concreto convencional vibrado ($250 - 400 \text{ kg/m}^3$), con un tamaño máximo del agregado grueso no superior a 19 mm, pero con una relación agua/cemento muy reducida que lo hace muy seco, sin revenimiento en el cono de Abrams, que hace que no sea posible colocarlo en obra mediante vibración interna y tenga que efectuarse su compactación con rodillo vibratorio. No requiere formaletas, no requiere dovelas o refuerzo y no ocupa acabado o texturizado. Se utiliza en calles urbanas, vías principales y secundarias, aeropuertos, puertos, áreas de estacionamiento y patios de maniobras.

Es un material que, por sus cualidades, podría considerarse un híbrido entre una base granular estabilizada con cemento y los concretos convencionales vibrados que se utilizan normalmente en pavimentos. Su puesta en obra es similar a una base granular estabilizada con cemento, mientras que por su contenido de cemento y las resistencias que con él se consiguen, se asemeja a un concreto convencional vibrado.

En la figura No. 1 se puede ver que el contenido de cemento es similar al de un concreto convencional vibrado y por lo tanto muy superior al de la base granular estabilizada con cemento.

Con el contenido de agua ocurre exactamente lo inverso: es similar al de una base granular estabilizada con cemento y muy inferior al de un concreto convencional vibrado para pavimentos.

Oscila más o menos entre un 4 y un 7 por ciento del peso total de los agregados secos, con lo cual la relación agua/cemento tiende a límites muy bajos, comprendidos entre 0.30 y 0.40.

Principales ventajas del CCR

El CCR se produce y coloca utilizando equipos comunes y de amplia existencia dentro de las empresas constructoras:

- Se produce en plantas continuas o planta central de baches
- Se transporta en vagonetas
- Se coloca con tractor, niveladora o pavimentadora

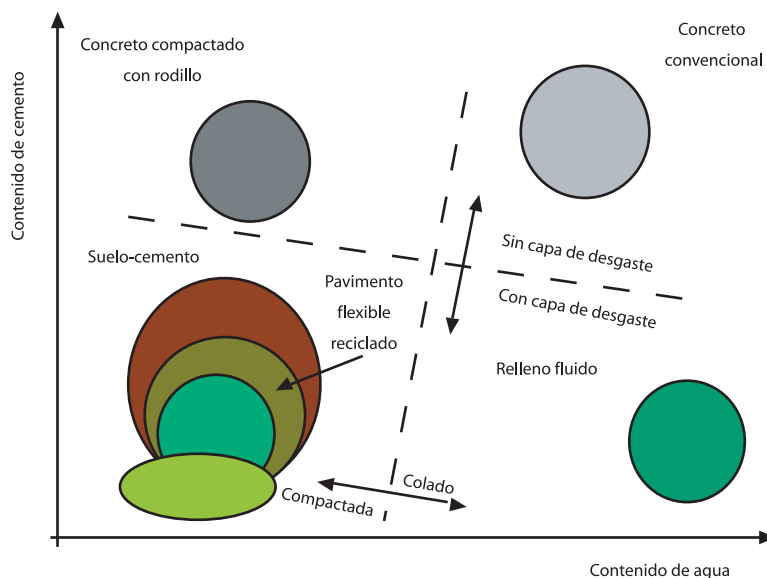


Figura 1. Relación del CCR con otros materiales cementados

- Se densifica con rodillos vibratorios
- Se cura con agua, emulsión asfáltica o compuesto de curado

Como resultado de esto, se puede decir que sus principales ventajas son:

- Fácil preparación
- Alto volumen de producción
- Fácil colocación con mínima mano de obra
- Alta resistencia y durabilidad
- Desempeño comprobado

Lo que redundará en un costo de construcción más bajo con respecto al concreto convencional.

A pesar de que los pavimentos de CCR permiten soportar el tránsito circulando directamente sobre ellos (y lo demuestran la gran cantidad de proyectos en CCR sin protección superficial, tanto en calles urbanas, caminos, zonas de parqueo, patios de maniobras, aeropistas, etc.), no proveen la textura y uniformidad de la superficie, así como la suavidad o alisado de un concreto convencional, por lo que para tránsitos circulando a velocidad elevada (más de 75 km/hr) se suele colocar sobre el CCR un tratamiento superficial bituminoso o una delgada capa de mezcla asfáltica en caliente como superficie de rueda.

Desarrollo del CCR

La técnica de construcción de pavimentos con CCR no es nueva bajo ningún punto de vista. De hecho se dice que el primer pavimento de concreto de que se tienen noticias, ejecutado en Escocia en 1865, se densificó con rodillos, pues no se había desarrollado en esa época la técnica de vibración, la que se introdujo en todos los campos de la ingeniería civil, y por ende en la construcción de pavimentos en los años 30, después de la Primera Guerra Mundial. Hasta entonces, los pavimentos de concreto se compactaban con rodillos. Con el advenimiento de la vibración y debido también a la no disponibilidad de equipos de compactación que aseguraran una densificación homogénea en todo el espesor del pavimento, se abandona el compactado con rodillos en la construcción de pavimentos.

No es sino hasta pasada la mitad del siglo XX, alrededor de 1970 que se retoma la técnica del compactado con rodillos, básicamente por la aparición de equipos de com-

pactación más modernos y eficientes por un lado, y por el aumento desmesurado en los costos de los productos derivados del petróleo, por el otro.

Los primeros pavimentos en esta nueva etapa se construyen en Barcelona, España alrededor de 1970, en una serie de vías de bajo volumen de tránsito. En 1976 Canadá inicia la construcción de pavimentos de uso pesado para la industria de la madera (Ver fotos No. 1 y 2).



Fotografía 1. Patio de maniobras



Fotografía 2. Detalle del CCR

Después de 1980 se da un aumento en la construcción de pavimentos en CCR en todo el mundo, destacando España, Francia, Alemania, Estados Unidos, Canadá, los países nórdicos, Australia y Japón en donde se han construido más de 100.000 m² en cada uno. En América Latina, Argentina ha sido el país en donde más se han desarrollado los pavimentos en CCR, con más de 100.000 m² de pavimento construido. Además, México,

Uruguay y Chile también han incursionado en el CCR de uso vial, con un total de unos 120.000 m² entre todos. Recientemente, Ecuador está desarrollando un programa muy agresivo de pavimentos en CCR, y cuentan a la fecha con dos pavimentadoras VOGEL 1900, que pasan realmente ocupadas.

El Salvador está iniciando la construcción de pavimentos de CCR para lo cual han adquirido una pavimentadora ABG TITAN 325 EPM, y desarrollan un proyecto de carretera de más de 4 km de longitud en cuatro carriles.

El desarrollo de los pavimentos en CCR en Costa Rica es tratado en el siguiente capítulo.

Desarrollo del CCR en Costa Rica



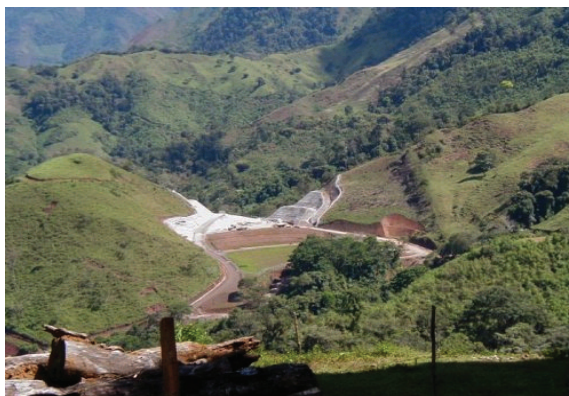
Fotografía 3. Harvey Barracks, Kitzigen, Germany Army Motor Pool



Fotografía 4. Aeropista para aviones pequeños. Guayaquil, Ecuador



Fotografía 5. Presa de Peñas Blancas en construcción



Fotografía 6. Sitio de presa Pirris

El CCR se ha usado en Costa Rica en sus dos aplicaciones más comunes: en presas de gravedad y en pavimentos de concreto.

El uso en presas de gravedad lo ha realizado principalmente el Instituto Costarricense de Electricidad, inicialmente en el proyecto hidroeléctrico de Angostura, en Turrialba de Cartago, en donde se realizaron diversas pruebas sobre agregados, diseños de mezclas, transporte, colocado del CCR, compactado, etc., incluyendo diversos tramos experimentales.

Posteriormente, en los años 2000 a 2002, se construyó el proyecto Hidroeléctrico de Peñas Blancas, en la zona norte del país, con una presa de gravedad en CCR de 44m de altura, siendo ésta la primera presa en CCR en el país, y de donde se generaron valiosas experiencias sobre la tecnología. En la fotografía No. 5 se tiene una vista de la presa en construcción.

Actualmente se construye el proyecto Hidroeléctrico Pirris,

en la zona de los Santos, al sur este de San José, con una presa de gravedad de CCR de 133m de alto y 270m de largo, que estará en operación a partir del año 2009. La fotografía No. 6 muestra el sitio de presa y los primeros trabajos realizados.

En cuanto al CCR de uso vial, es el ACI Capítulo Costa Rica, bajo la presidencia del Ing. Rolando Aguilar G. y la secretaria ejecutiva del Ing. Jorge Arturo Castro H., quien inicia el interés por esta tecnología en el país. Alrededor de 1994 ya se habla de la técnica internamente, pero es en enero de 1995 cuando se promueve la contratación de un experto argentino para dar un curso de CCR aplicado a vías y para asesorar en los proyectos pilotos que se construirían.

Se trató del Ingeniero Civil Juan Augusto Galizzi, catedrático de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba, Argentina, y consultor de la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas y del Instituto del Cemento Portland Argentino.

Todas las actividades realizadas por el Ing. Galizzi en Costa Rica fueron debidamente documentadas por el ACI Capítulo Costa Rica, y de esos documentos, procedo con el siguiente resumen.

Del martes 17 al jueves 19 de enero de 1995 se realizó el “Curso sobre Pavimentos de Hormigón Compactado con Rodillo”, con horario de 2:00 a 5:30 pm. en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica, en San José, impartido por el Ing. Galizzi.

Este curso está documentado en la Publicación Especial No. 3 del ACI Capítulo Costa Rica.

Paralelamente en esos mismos días, por las mañanas, se realizaron secciones experimentales de construcción con CCR, en conjunto con la Municipalidad de San José.

El día 17 de enero de 1995 se llevó a cabo la pavimentación de la calle 4 entre avenidas 18 y 20 de la ciudad de San José, (87m de longitud con 7m de ancho, 20 cm de espesor) empleándose por primera vez CCR en la vialidad de nuestro país.

El día 18 se realizó el bacheo de un tramo (dos cuadras) del Boulevard de Hatillo, utilizando el mismo diseño de mezcla pero con un espesor menor (15 cm).

Previamente a estos trabajos, el día 8 de enero, se realizó un tramo de prueba en la calle del costado oeste del Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales de la UCR, (20m de longitud con 4m de ancho, 20 cm de



Fotografía 7. Bacheo “Paseo de las Damas”



Fotografía 8. Pavimentación tramo Avenida Segunda

espesor) para el ajuste de la planta y la calibración de los equipos a emplear en la construcción.

El concreto para la calle 4 y el tramo de prueba se elaboró en una planta de bache central, propiedad de Concretera Nacional, sita en Calle Blancos de Goicoechea, que tenía una capacidad de 40 m³/hr. Para el bacheo del Boulevard de Hatillo el concreto se produjo en mezcladoras móviles propiedad de Croncre-Móvil S.A., con una capacidad de producción de 10 m³/hr.

Todas las actividades realizadas por el Ing. Galizzi en Costa Rica fueron debidamente documentadas por el ACI Capítulo Costa Rica, y de esos documentos, procedo con el siguiente resumen.

El curado del concreto se realizó en todos los casos con emulsión asfáltica, extendida con un camión distribuidor. La totalidad del pavimento fue cubierta con una delgada capa de arena, para proteger el curado de la acción de las llantas del tránsito.



Fotografía 9. Pavimentadora ABG TITAN del ICCYC



Fotografía 10. Mezcladora montada en carreta

La apertura del tránsito se hizo inmediatamente después de terminada la operación de construcción y una vez que se produjo la rotura de la emulsión.

En la calle 4 se aserraron juntas transversales a cada 6 metros, empleando un equipo manual con sierra de disco y punta de diamante.

Todos estos trabajos están bien documentados, incluyendo fotografías, en la publicación especial 5, del ACI Capítulo Costa Rica.

Ese mismo año, 1995, en los meses de noviembre y diciembre, la Municipalidad de San José realizó otros trabajos de bacheo y pavimentación, con CCR, utilizando los mismos materiales y procedimientos de la experiencia de enero con el Ing. Galizzi. Destacan el bacheo del “Paseo de las Damas” (entre la Biblioteca Nacional y el Parque Morazán) y la pavimentación de un tramo de la Avenida Segunda, en San José.

La misma Municipalidad de San José adoptó también, por mucho tiempo, el bacheo de huecos pequeños con CCR, utilizando equipo de compactación manual.

CCR colocado con pavimentadora en Costa Rica

En julio del 2001 inicia operaciones el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC), bajo la dirección general del Ing. Eddy Bravo Trejos y la dirección técnica del autor de este artículo.

En enero del 2002, el ICCYC compra una pavimentadora modificada ABG TITAN 325 EPM, especial para colocar CCR, junto con un mezclador de doble eje horizontal, marca SIMEM, de 4 m³ de capacidad para mezclas secas. Se inicia entonces una nueva etapa en el desarrollo del CCR vial en nuestro país.

El mezclador se montó sobre una carreta plana, con eje tandem, con el propósito de facilitar su transporte y poder utilizar las diferentes plantas dosificadoras de concreto que existen en el país.

Primeras pruebas, Industria Nacional de Cemento

Las primeras pruebas con la mezcladora y la pavimentadora se realizan en las calles internas de la Industria Nacional de Cemento, en Agua Caliente de Cartago bajo la dirección del ICCYC, con la colaboración del Ing. Alvaro Aguilar Dondi, de Holcim Costa Rica. Se construyeron cerca de 5.000 m² de pavimento en 20 cm de espesor. El concreto se produjo en la mezcladora del Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto, ICCYC, alimentada por una dosificadora de 60 m³ por hora de capacidad.

Se contó en estas primeras experiencias con la asesoría del Ing. Ronald Peltz, un contratista de CCR en Alabama, USA, dueño de la empresa AG Peltz Inc. RCC Paving, la

empresa más grande y de mayor experiencia en los Estados Unidos en pavimentación con CCR.

Estas primeras experiencias fueron muy importantes, pues permitieron definir, probar y adoptar los procedimientos que se han venido usando posteriormente en los proyectos, tales como metodología para el diseño de mezclas, para el diseño de espesores, tiempo de trabajabilidad de las mezclas, patrones de compactación, patrones de curado, patrones de aserrado y sellado de juntas, etc. También permitieron evaluar las diferentes posibilidades de realizar la junta longitudinal: se trabajó con bordillo confinante colado en sitio; con bordillo confinante prefabricado, (que a su vez sirvieron como referencia de nivel), con junta fresca y con junta fría.



Fotografía 11. Bordillo prefabricado



Fotografía 12. Patio de maniobras