

CONCRETO LANZADO: Prospectiva (Parte II)

Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com

Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencia.

Su correo electrónico es: ingrid@fco.uo.edu.cu

CONTINUAMOS CON EL IMPORTANTE TEMA DEL CONCRETO LANZADO, IMPRESCINDIBLE EN EL SECTOR QUE NOS COMPETE.

EL DESARROLLO DE MÁQUINAS con las que podían proyectarse mezclas de arena y cemento a principios del siglo XX, condujo a la creación de los equipos modernos para el Concreto Lanzado (CL). En esta segunda parte expondremos aspectos significativos de este material; en esta ocasión acerca de los métodos de colocación, materiales componentes, y principales usos en la actualidad. Así, como antes se comentó, existen dos métodos para la colocación: vía seca y vía húmeda. Ambos procedimientos se distinguen por el método de elaboración de la mezcla y por el equipamiento utilizado para la aplicación.

El método de colocación por vía seca comienza por la preparación de la mezcla de cementantes y agregados (secos o con humedad natural); componentes que son combinados hasta obtener una mezcla homogénea. Ésta se carga en la máquina. Es el momento en el que se pueden agregar los aditivos acelerantes, para conseguir altas resistencias iniciales y disminuir el rebote.

Es en ese momento en que se introduce la mezcla seca en la manguera empleando aire comprimido; está es transportada hacia la boquilla a gran velocidad. Es en esta operación que se introduce agua a presión a través de un anillo de distribución que corta el paso del material seco, humedeciéndolo junto con el aditivo acelerante (si se usa), y mezclándose con los demás ingredientes. El resultado ya húmedo es lanzado a alta velocidad desde la boquilla hacia la superficie, compactándose simultáneamente durante la colocación. (ver Fig. 1)

Por su parte, la vía húmeda (Fig. 2) comienza por el mezclado de los cementantes, los agregados, el agua, y los aditivos (excepto los acelerantes) hasta conseguir una mixtura homogénea; de acuerdo a las especificaciones de proyecto y al revenimiento mínimo para ser bombeado. Posteriormente, la mezcla de concreto se introduce y es



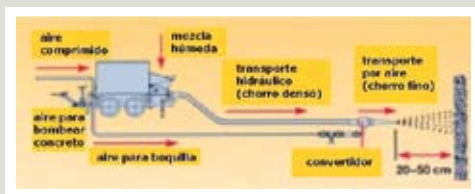
Figura 1

Figura 2



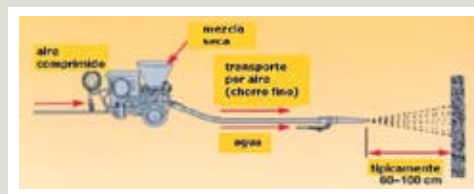
Croquis vía seca.

Fuente:
Adaptado de la Sprayed Concrete Association (1999).



Croquis vía húmeda.

Fuente:
Adaptado de la Sprayed Concrete Association (1999).





Ventajas

conducida por la manguera de transporte en desplazamiento mecánico; algo similar a lo que sucede en el concreto bombeable. Por último, previo al lanzamiento de la mezcla de concreto contra la superficie, se inyecta aire a presión en la boquilla para incrementar la velocidad y en este proceso se adicionan los aditivos acelerantes.

Cada método tiene determinadas ventajas, mismas que son muy oportunas de conocer. A continuación se tabulan las principales, de ambos métodos.

En general, con el método húmedo se logran mezclas más homogéneas que permiten mayor adherencia, con mayor resistencia a la compresión y con menos desviación estándar entre los concretos asociados a diferentes aplicaciones de un mismo colado. Puede también alcanzarse con esta vía, una mayor producción de concreto, con mayor rapidez en la colocación, y por tanto, mayor rendimiento en la obra. Hasta hace algunos años el método más utilizado era el de proyección por vía seca; en la actualidad, la tendencia ha cambiado debido a las razones antes expuestas.

La selección del método a usar, como puede entenderse, depende de muchos y variados factores. Cada proyecto debe ser estudiado en sus condiciones reales, a fin de que pueda ser elegida la mejor opción. En la actualidad se utiliza también la vía semihúmeda; la que se considera idéntica en sus primeras fases a la de la mezcla seca, sólo que permite humidades en los agregados de hasta un 10 % y el que se adiciona el agua a una distancia de aproximadamente 5 m de la boquilla, mejorando las propiedades de la mezcla al llegar a ésta.

Otras ventajas aluden a que se evita el polvo resultante y la pérdida de cemento, además de que se obtiene un concreto más homogéneo con una más idónea a/c, en

Vía seca

- Puede variarse la relación agua-cementante (a/c), según necesidades del proyecto; dado que el control del agua se realiza desde la boquilla.

- Resulta especialmente apta para aquellas mezclas con agregados porosos y con agregados muy finos.

- Posibilita trabajar con mangueras más largas; o sea en trabajos donde se requieran grandes distancias de colocación del concreto (no segregación).

- Se puede detener la proyección de la mezcla en cualquier momento con un desperdicio mínimo.

- Los equipos empleados son de menor costo.

Vía húmeda

- La cantidad de agua puede medirse con mayor exactitud (por peso) y controlarla durante el mezclado con una relación a/c constante.

- Hay una disminución de las pérdidas de cemento; no se genera polvo y el rebote durante la proyección es menor, lo que genera un mejor ambiente de trabajo.

- Brinda mayor seguridad en el mezclado de los componentes, siendo la adición de aditivos más sencilla.

- Es ideal para la aplicación de cualquier tipo de fibras.

- Es mucho menor el consumo de aire. Se suele usar menos de la mitad, que el que se usa en la vía seca.



Figura 3

Concreto lanzado en la reparación de estructuras de concreto armado.

Fuente:

www.shotcrete.org/media/pdf/asa-brochure-revised-print.pdf



Figura 4



Concreto lanzado en la construcción de estructuras de concreto armado para la contención de agua.

Fuente:

www.shotcrete.org/media/pdf/asa-brochure-revised-print.pdf



donde se evita que los componentes de la mezcla se dispersen al momento de hacer la proyección.

La calidad del CL depende también en gran medida de los materiales componentes de la mezcla. El agua utilizada para el amasado, que deberá estar limpia y libre de sustancias que puedan dañar al concreto o al acero, está compuesta del agua añadida en la boquilla, más la proveniente de la humedad de los agregados.

La relación a/c en el CL tiene la misma influencia que en los concretos colados; a mayor cantidad de agua, menor resistencia. Es común que en la proyección por vía seca no exista un valor definido para esta relación, debido a que generalmente el operario de la boquilla es quien controla y regula la cantidad del agua de la mezcla. Los valores más recomendados por la literatura especializada para esta vía oscilan entre 0.30 y 0.55 (en peso). Por su parte, en la vía húmeda se tiene control de esta relación y los valores recomendados varían entre 0.40 y 0.65; en dependencia de las características y de las proporciones de los materiales a utilizar.

Además de ser un buen lubricante, el cemento Portland actúa como aglutinante en la mezcla de CL, uniendo y fijando las partículas de agregado a través de la matriz; esta es la razón por la que es parcialmente responsable de las propiedades mecánicas del material endurecido.

En general, el cemento debe tener propiedades de fraguado rápido y de resistencia a edad temprana; aunque si el material va a ser expuesto a la acción de suelos o aguas subterráneas con alta concentración de sulfatos, deberá emplearse cemento sulforresistente. Usualmente, la proporción de material cementante varía entre 350 y 450 kg/m³ para la vía seca, y entre 400 y 500 kg/m³ para la vía húmeda.

Los agregados, que podrán ser naturales, triturados o una mezcla de ambos, deben corresponder con el tamaño que recomiendan las instrucciones de los equipos de lanzado, y con una curva granulométrica bien graduada. Asimismo, los agregados tienen la misma importancia que en los concretos colados, pues constituyen el esqueleto de la matriz del CL, aproximadamente el 75% del volumen de este material es arena y grava.

En general, las partículas de los agregados deben de estar limpias, libres de materias orgánicas, terrones de arcilla, u otras sustancias nocivas indeseadas; adicionalmente deben ser duras, resistentes, y con una calidad uniforme. Por otra parte, se recomienda en la mezcla un elevado porcentaje de finos, a fin de mejorar la adherencia y reducir las pérdidas durante el lanzado. De igual forma se requiere de una cantidad suficiente de gruesos para favorecer la compactación, mejorar la resistencia, reducir la adherencia entre la pasta y la manguera, y atenuar el efecto de las contracciones en el material durante el proceso de secado de la mezcla.

Para la vía seca, normalmente se recomienda emplear un tamaño máximo de 10 mm, y eventualmente de hasta 16 mm, con un módulo de finura de la arena que debe oscilar entre 2.8 y 3.2. La arena en esta vía no debe tener más de un 5% de humedad. En la vía húmeda los tamaños máximos de los agregados deben estar entre 8 y 10 mm, lo que es una consecuencia de las limitaciones de los equipos de lanzado; aunque no se descarta también el hecho de que la utilización de agregados "pequeños", es una manera de evitar grandes pérdidas por rebote.

Los aditivos en el CL, al igual que en el resto de los concretos, son sustancias orgánicas y/o inorgánicas en estado líquido o en polvo, que reaccionan con la hidratación del cemento; ya sea de forma química o física. Estos aditivos se agregan antes, durante o después del mezclado, y se utilizan para lograr propiedades específicas, tanto en el concreto fresco, como en el endurecido. Cabe decir que entre los más importantes para mezclas colocadas por vía seca figuran los acelerantes de fraguado, que como



Desventajas

su nombre lo indica, reducen el tiempo de fraguado, lo que induce a que el concreto desarrolle una resistencia inicial mayor, situación que a su vez permite el "lanzamiento" de capas consecutivas con una mayor rapidez y con mayores espesores.

Para el caso de las mezclas por vía húmeda, los aditivos más utilizados son los estabilizadores de fraguado, acelerantes, plastificantes o superplastificantes, e incluso de aire. Los aditivos estabilizadores resultan indispensables para mantener la trabajabilidad y extender el tiempo durante el transporte y la colocación, sin afectar la calidad del material. Puede mantenerse "dormido" el concreto, por un período que va desde algunas horas hasta tres días, según la dosis aplicada. Para reactivar la hidratación se agrega aditivo acelerante durante la proyección.

En cuanto a las adiciones minerales, las más utilizadas suelen ser el humo de sílice y las cenizas volantes. En general, su empleo se traduce en una importante mejora en la calidad del CL, manifestada en una aceptable resistencia a la compresión, mayor densidad, mejor adherencia, reducción del rebote y mejor bombeabilidad. Las fibras de acero y sintéticas, igualmente son bastante utilizadas en el CL. Su empleo incrementa la ductilidad del material, mejora la resistencia al impacto, y reduce la propagación de grietas, sobre todo originadas por el efecto de las contracciones.

Son variados los proyectos estructurales usando CL en muchas partes del mundo. Algunas de las aplicaciones más comunes son: reparación y/o reforzamiento de estructuras de concreto (Fig. 3) y de mampostería; construcción de muros de cualquier tipo; revestimiento de túneles y obras subterráneas como galerías de minas, cavernas y pozos; estabilización de taludes; protección impermeable en obras hidráulicas (presas y canales); construcción de tanques de almacenamiento de agua, silos y otras estructuras de concreto para almacenaje (Fig. 4), así como de plantas de tratamiento, piscinas y estanques.

El CL se ha convertido en una buena opción para la industria de la construcción y su calidad es el resultado del desarrollo tecnológico, tanto en los materiales componentes de la mezcla, como en la tecnología de equipos, aunque también una dosis de lo anterior, es el resultado de los sofisticados sistemas de control de calidad, que en obra se han llegado a implementar.

El empleo de esta tecnología se traduce en una opción técnica a un costo razonable, demostrando determinadas ventajas frente a los métodos tradicionales. Con los cuidados necesarios, las expectativas de desarrollo del CL para aplicaciones estructurales son y deben continuar siendo cada vez mayores. **C**

Vía seca

- Genera mucho polvo durante el proceso, así como un menor rendimiento de colocación.

- Se tiene un mayor consumo de aire y mayor pérdida durante el lanzamiento.

- Existe una alteración permanente de la relación a/c, pues es común que el control del agua lo realice el operador de acuerdo con su experiencia.

- Hay un mayor desgaste del equipo, de ahí que se requiera de mayor mantenimiento.

- Se crean concretos menos homogéneos (diferencias de resistencias).

Vía húmeda

- Las mezclas son propensas a contraerse debido al agua excesiva que debe incluirse para obtener la bombeabilidad requerida⁽¹⁾.

- Las mezclas en general son más costosas.

- Hay un requerimiento de una mayor coordinación en obra, debido al menor tiempo disponible.

- Es más difícil la limpieza del equipo.

- Debe existir un limitado número de interrupciones.

⁽¹⁾En la actualidad, esta situación se atenúa con la existencia de modernas máquinas para el bombeo de mezclas de muy bajo revenimiento; además de la aparición de aditivos reductores de agua con importantes prestaciones.

REFERENCIAS:

- American Shotcrete Association (ASA). "Shotcrete: Speed, versatility, cost, savings, sustainability". www.shotcrete.org
- CI Committee Report, *Guide to shotcrete*, ACI 506R-90.
- Osorio, JD, "Concreto lanzado en túneles", en *Noticreto*, núm. 103, nov/dic 2010.
- Sprayed Concrete Association, "Introduction to the sprayed concrete", 1999, www.sca.org.uk/pdf_word/Intro_to_Sprayed_Concrete.pdf
- Sproviero, M, "Concreto lanzado", UNICOM ENGENHARIA www.unicomengenharia.com.br
- Xargay H.; Balzamo, HM, "Hormigón proyectado reforzado con macrofibras. Su aplicación en la industria de la construcción. Parte I", en revista *Hormigonar*, núm. 20, abril de 2010.