



# CONCRETO DURABLE Y SOSTENIBLE

CONSTRUYENDO CONFIANZA



# CONCRETO DURABLE Y SOSTENIBLE

HABLAR DE CONCRETO EN LA ACTUALIDAD QUIZÁS PUEDA PARECER INNECESARIO, DADO QUE TODOS CONOCEMOS LOS COMPONENTES DE UN CONCRETO, SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO, ADEMÁS DE CÓMO FABRICARLO Y HACER SU CONTROL DE CALIDAD; SIN EMBARGO, ES IMPORTANTE PROFUNDIZAR EN CIERTOS CONCEPTOS QUE PERMITIRÁN ENTENDER CÓMO SE PUEDE FABRICAR CONCRETOS MÁS DURABLES, ECONÓMICOS Y QUE GENEREN MENOR IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE.

Debemos analizar que tipos de estructuras, sistemas constructivos, equipos de construcción y exigencias al material han venido evolucionando en el tiempo; razón por la cual es necesario igualmente actualizar los conceptos de diseño de mezclas y refrescar ciertos conocimientos de tecnología de concreto que fueron dados a conocer hace casi un siglo, pero que aún hoy presentan diferencias en la interpretación de los mismos.

## INTRODUCCIÓN

El concreto sigue elaborándose hoy con las mismas materias primas básicas (cemento, agregados y agua); sin embargo nuevos componentes como las adiciones, aditivos químicos y fibras son cada vez más usados permitiendo el desarrollo de nuevos tipos de mezclas que presentan mejores características que el concreto tradicional; al igual que permiten la fabricación de un material más durable, económico y que busca contribuir con las exigencias actuales de sostenibilidad.

El cemento junto con el agua conforman una pasta líquida que envuelve los agregados para no permitir que se toquen entre ellos, brindando así una movilidad a la mezcla; en esta etapa inicial conseguimos entonces un material de una consistencia determinada que admitirá su colocación dentro de formaleas para tomar diferentes formas. Pasado cierto tiempo, el aglomerante se vuelve más viscoso hasta llegar a un estado en el cual no es posible acomodar o vibrar el material sin estropearlo; poco tiempo después se presenta un estado de rigidez total de la mezcla que denominamos el fraguado final; este nos indica que el concreto inicia su proceso de ganancia de resistencia mecánica, la cual evaluamos a diferentes edades para verificar que tanto el diseño de mezclas así como la elaboración de los especímenes y el curado fueron adecuados para cumplir con los requerimientos especificados para el material.



# PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las principales propiedades evaluadas al concreto son la manejabilidad en estado fresco y el desarrollo de resistencias en estado endurecido. Estas son propiedades que se evalúan sin falta en toda producción de concreto con el fin de controlar la calidad de las estructuras fabricadas con este material; sin embargo en ocasiones no profundizamos en las variables que gobiernan cada una de estas propiedades para así poder tener más argumentos en la toma de decisiones.

## MANEJABILIDAD

La manejabilidad o trabajabilidad del concreto se define como la característica física de la mezcla en estado fresco que determina la facilidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado y consolidado para ser terminado en una condición homogénea.

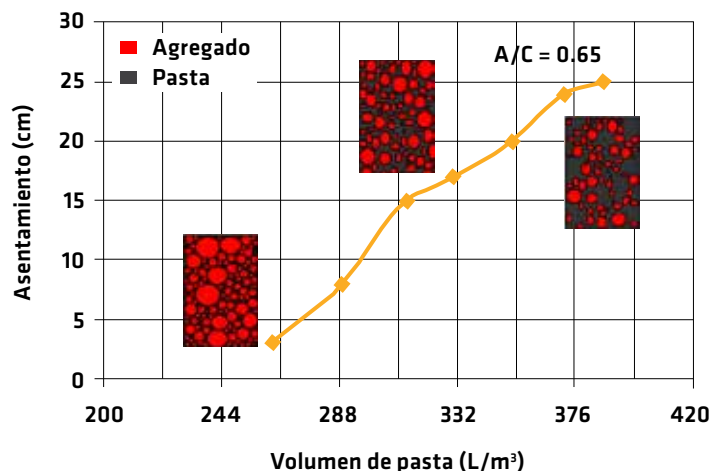
Normalmente se malinterpreta la manejabilidad del concreto al confundirla con la consistencia o fluidez de la mezcla, la cual solo se refiere al grado de humedad de la misma y la define como seca (dura) o fluida (blanda). Dentro de ciertos límites las mezclas fluidas son más manejables que las mezclas secas; no obstante, dos concretos que tengan la misma consistencia pueden no ser igualmente manejables. Esto sugiere entonces que la manejabilidad del concreto es un concepto más global dentro del cual se encuentra la fluidez; sin embargo, no es la única variable que se debe estudiar y analizar para definir la trabajabilidad de un concreto.

A pesar de esto, la determinación de la fluidez del concreto a través de la prueba de asentamiento en la que se mide la caída o escurrimiento de la mezcla bajo su propio peso, sigue siendo el ensayo más utilizado para el control del concreto en estado fresco, dado que se entiende que inspeccionando la fluidez de una mezcla que fue diseñada adecuadamente se puede garantizar un concreto manejable.

La fluidez de una mezcla de concreto para determinados materiales está gobernada única y exclusivamente por la pasta o material aglomerante, de acuerdo a las siguientes variables:

- Contenido de pasta en el metro cúbico de concreto.
- Viscosidad de la pasta usada en la fabricación del concreto.

El volumen de pasta en el concreto rige la fluidez de este, de tal forma que para tener mezclas de distintos asentamientos manteniendo las demás características en resistencias mecánicas, solo bas-



Gráfica 1. Influencia del contenido de pasta en el asentamiento del concreto.

ta con aumentar o reducir el volumen de pasta en el respectivo diseño de mezclas. La gráfica 1 nos permite observar cómo a través de la modificación del contenido de pasta dentro del concreto se logra variar el asentamiento del mismo.

Por otro lado es claro que cuando se utilizan pastas menos viscosas el resultado es un concreto de mayor asentamiento para iguales contenidos de pasta. De acuerdo a lo anterior se puede lograr una pasta más fluida a través del uso de una mayor relación A/C, lo cual generará cambios en la resistencia del material; o también se puede hacer a través del uso de aditivos plastificantes y superplastificantes con los cuales no se cambian las propiedades de resistencia del concreto.

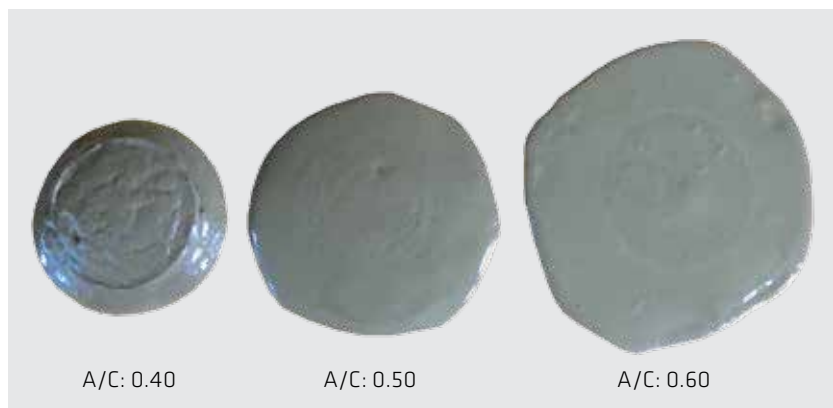


Foto 1. Viscosidad de pastas de diferente A/C.





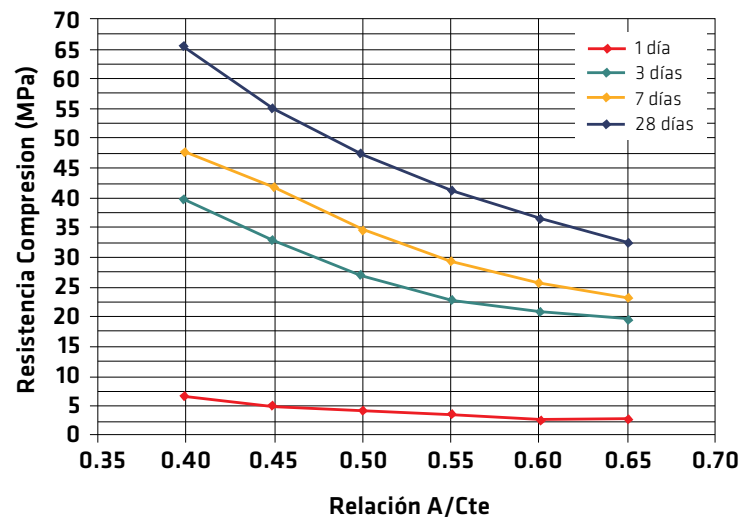
Es por esto que cuando queremos recuperar el asentamiento de un concreto es común que se le adicione una mayor cantidad de agua, lo que hace que la pasta sea más fluida y la mezcla presente un mayor asentamiento, pero de esta forma estamos alterando el comportamiento en estado endurecido del material, haciendo concretos menos resistentes, más porosos y con menor durabilidad.

### RESISTENCIAS MECANICAS

La ley de Duff Abrams que data del año 1.918 y que fue producto de un extenso trabajo experimental, establece que para determinados materiales e iguales condiciones de ensayo, la resistencia mecánica del concreto depende principalmente de la relación Agua/Cemento que se use para la fabricación del mismo.

Actualmente podemos hacer evaluaciones experimentales y observar una relación inversa entre la variable A/C y la resistencia del concreto, lo cual fue establecido por Abrams hace cerca de 100 años.

Como sabemos que la resistencia del concreto se da por el proceso de hidratación del cemento, lo que hace que se genere una matriz dura que se adhiere a los agregados; generalmente asociamos que la resistencia del concreto se aumenta únicamente incrementando el contenido de cemento; pero si analizamos la ley de Abrams, podemos entender que lo que se logra al aumentar la cantidad de cemento es reducir la relación A/C, lo cual también se puede alcanzar vía reducción de la cantidad de agua usada en la fabricación de la mezcla.



Gráfica 2. Curva de relación A/C.

Sin embargo como hablamos anteriormente, la disminución de la cantidad de agua para la fabricación de la mezcla lleva consigo que la pasta sea menos fluida, por lo cual es necesario entonces el uso de aditivos superplastificantes que recuperan la fluidez a la pasta y así no se presente pérdida en el asentamiento del concreto.

# CONCRETOS DURABLES, ECONÓMICOS Y SOSTENIBLES

El continuo desarrollo en la tecnología de aditivos químicos para concreto nos permite en la actualidad cambiar los conceptos de diseño de mezclas y así poder tener mezclas de concreto más fáciles de manipular, más durables, a un menor costo y con criterios de sostenibilidad.

En muchos casos se diseñan concretos con altos contenidos de pasta simplemente para poder cumplir con una fluidez adecuada de colocación, especialmente cuando debemos trabajar con bajas relaciones A/C; sin embargo en la actualidad los aditivos químicos para concretos permiten lograr mezclas de bajas relaciones A/C altamente fluidas, con volúmenes de pasta significativamente menores.

Actualmente son cada vez más cuestionadas las especificaciones de concreto que establecen cuantías mínimas de cemento, dado que en muchas ocasiones dichos límites exceden la cantidad requerida para alcanzar el desempeño, trabajabilidad, resistencia y durabilidad del material, lo cual resulta en aumento de costos y un incremento en el indicador de huella de carbono de la industria del concreto; e incluso en ciertos casos altos niveles de contenido de cementante pueden implicar un bajo desempeño del material.

Nuevos conceptos de diseño de mezclas han surgido, los cuales buscan determinar el mínimo contenido de pasta que permita llenar los espacios entre los agregados de tal forma que garantice la lubricación y adherencia entre ellos. Estas nuevas metodologías aprueban la optimización de los diseños de mezclas a través de la utilización de mínimas cuantías de pasta.

## DURABILIDAD

La especificación de mínimas cuantías de cemento en muchas ocasiones está determinada por el concepto de brindar una mayor durabilidad a las estructuras de concreto; sin embargo en ciertos casos altos contenidos de cemento por el contrario pueden generar un incremento en la permeabilidad al agua, permeabilidad a ion cloruro y cambios de longitud debido a la retracción por secado del concreto.



La reducción del volumen de pasta manteniendo las mismas características de relación A/C, permite que existan menos accesos a través de la matriz del concreto por los cuales se transportan los agentes agresores desde el medio ambiente hacia el interior del concreto reforzado; con lo cual se puede obtener un material con mejor desempeño desde el punto de vista de durabilidad. En la tabla 1 se muestran resultados de permeabilidad al agua y penetración al ion cloruro de mezclas con diferentes volúmenes de pasta de igual calidad.

Por otra parte el concreto actual ha incorporado el uso de adiciones como la ceniza volante que permiten hacer un reemplazo parcial del contenido de cemento y brindar beneficios en el desempeño del material debido a que las propiedades puzolánicas de este tipo de adiciones logran refinar la matriz de poros de la pasta disminuyendo la permeabilidad del concreto y dificultando el ingreso de agentes agresores al interior del mismo, lo que representa una mejora en la durabilidad del material.

En este caso los aditivos químicos vuelven a jugar un papel muy importante, dado que estos permitirán garantizar un mismo desempeño del concreto a pesar de tener un cementante distinto con fraguados más largos y desarrollo de resistencias más lento, lo cual es solucionado a través del uso de diferentes tecnologías de aditivos.

Aditivo	Dosis (%)	Agua (L/m <sup>3</sup> )	Cto (kg/m <sup>3</sup> )	A/C	Volumen Pasta (L/m <sup>3</sup> )	Asent. (cm)	Resist. Compresión (MPa)			Permeabilidad al Ion Cloruro (coulombs)		Permeabilidad al Agua (mm)	
						0	1 d	7 d	28 d	Carga a 28d	Calificación	Permeabilidad Máxima	Calificación
---	---	210	420	0.50	345	13.0	7.7	29.1	39.1	6947.5	Alta	93.5	Alta
SikaPlast 6000	0.28	180	360	0.50	297	13.0	8.4	32.5	41.1	5665.0	Alta	71.5	Alta

Tabla 1. Resultados de Permeabilidad en concretos de diferente contenido de pasta.



### ECONOMIA

Desde los inicios de la fabricación del concreto, los agregados fueron utilizados como llenantes que mejoraban el comportamiento de la mezcla; pero también porque principalmente permitían disminuir notoriamente los costos del material. Hoy en día las cosas no han cambiado y la pasta continua siendo el componente de mayor precio en la fabricación del concreto, por lo cual la posibilidad de disminuir los volúmenes de pasta por metro cúbico de concreto y reemplazar dicho volumen con agregados permite igualmente hacer reducciones importantes en el valor del metro cúbico de concreto.

Como se mencionó anteriormente el volumen de pasta en el diseño de mezcla busca dar la manejabilidad adecuada a la mezcla; es por eso que en la actualidad el uso de los aditivos superplastificantes de última generación se hace más relevante al permitir mantener la misma manejabilidad requerida para la mezclas con cuantías mucho menores de pasta y manteniendo similares características de desarrollo de resistencias mecánicas, como se puede apreciar en la tabla 2.

La fabricación de un concreto diseñado por desempeño permite una optimización de costos importante en la producción de concreto, la cual puede alcanzar ahorros superiores al 4% del costo total de los materiales usados por metro cúbico.

Así mismo otra alternativa de reducir el costo de la pasta es la sustitución parcial del cemento por adiciones como la ceniza volante cuyo valor es menor; para de esta forma hacer una optimización en el costo de material cementante reduciendo por ende el costo del metro cúbico de concreto.

### SOSTENIBILIDAD

La preocupación mundial por el impacto climático asociado a los procesos productivos de desarrollo de la humanidad han llevado a que las diferentes industrias tomen medidas para disminuir la huella de carbono. La industria de la construcción no es ajena a esta problemática y es por esto que en la actualidad debemos diseñar los concretos teniendo en cuenta dichas consideraciones ambientales.

La producción de cemento es una de las industrias de mayores emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo cual lograr una mayor eficiencia del material cementante es una necesidad para contribuir en la reducción del impacto al medio ambiente que genera la construcción. La eficiencia del material cementante se puede establecer como la cantidad del material que utilizo para alcanzar determinada resistencia del concreto, por lo cual cuando disminuyo la cantidad de pasta en el diseño de mezclas logro aumentar dicha eficiencia optimizando el consumo de este material.

Pero cuando se reduce el contenido de pasta en el concreto no solo se disminuye el cemento, también se disminuye la cantidad de agua requerida para la fabricación del concreto, permitiendo que este preciado líquido cada vez más escaso sea aprovechado para el consumo humano. En una industria como la de nuestro país de más de 8.5 millones de metros cúbicos de concreto producidos al año, la aplicación del concepto de reducción de pasta en los diseños de mezclas permite un ahorro de la industria en el consumo de agua superior a 350.000 metros cúbicos al año, lo que corresponde al consumo necesario de cerca de 1.600 familias en el mismo periodo de tiempo.

Aditivo	Dosis	Agua (L/m <sup>3</sup> )	Cto (Kg/m <sup>3</sup> )	A/C	Vol. Pasta (L/m <sup>3</sup> )	Asent. (cm)	Resist. Compresión (MPa)						
	(%)						1d	3d	7d	28d	61d	180d	360d
Testigo	---	215	350	0.61	328	15.0	1.4	7.4	10.4	20.2	25.4	26.2	28.0
SikaPlast MO	1.20	185	300	0.61	285	17.0	1.3	8.0	11.7	20.7	27.2	31.2	32.1

Tabla 2. Resultados de Resistencia en concretos de diferente contenido de pasta.

# CONCLUSIONES



Como hemos visto el concreto como material no ha cambiado; sin embargo nuevos componentes han surgido para mejorar las características del material, permitiendo tener otras consideraciones en el diseño de mezcla que reconocen la producción de concreto más durable, económico y de menor impacto al medio ambiente.

Algunos criterios usados por muchos años en la producción de concreto como son las mínimas cuantías de cemento y la utilización de bajos asentamientos, deben ser reconsiderados bajo el escenario actual; donde se presentan distintas exigencias al material, nuevos tipos de estructuras, cambios en los sistemas constructivos y donde debe existir un mayor compromiso de la industria con las políticas ambientales.

Los aditivos químicos para concreto han tenido un fuerte desarrollo en los últimos años, convirtiéndose en un material estrictamente necesario para la producción del concreto actual, dado que han permitido la evolución del material para estar a la medida de los progresos de la industria de la construcción.



EL CONCRETO DE HOY PERMITE UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA SOCIEDAD; SIMPLEMENTE DEBEMOS PENSAR DE UNA MANERA DIFERENTE Y SER CONSCIENTES QUE ES UN COMPROMISO DE TODOS APORTAR PARA BRINDAR UN MEJOR FUTURO A LAS NUEVAS GENERACIONES.



# SIKA UN AMPLIO RANGO DE SOLUCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN



**IMPERMEABILIZACIÓN**



**CONCRETO**



**REFORZAMIENTO**



**PEGADO Y SELLADO**



**PISOS**



**CUBIERTAS**

## ¿QUIÉNES SOMOS?

Sika es una compañía activa mundialmente en el negocio de los productos químicos para la construcción. Tiene subsidiarias de fabricación, ventas y soporte técnico en más de 89 países alrededor del mundo. Sika es líder mundial en el mercado y la tecnología en impermeabilización, sellado, pegado, aislamiento, reforzamiento y protección de edificaciones y estructuras civiles. Sika tiene más de 16.000 empleados en el mundo y por esto, está idealmente posicionada para apoyar el éxito de sus clientes.

## Sika Colombia S.A.S.

### BARRANQUILLA

Cll. 114 No. 10 – 415. Bodega A-2  
Complejo Industrial Stock Caribe.  
Barranquilla  
Tels.: (5) 3822276 / 3822008 /  
3822851 / 3822520 / 30  
Fax: (5) 3822678  
barranquilla.ventas@co.sika.com

### CALI

Cll. 13 No. 72 - 12  
Centro Comercial Plaza 72  
Tels.: (2) 3302171 / 62 / 63 / 70  
Fax: (2) 3305789  
cali.ventas@co.sika.com

### CARTAGENA

Albornoz - Vía Mamonal  
Cra. 56 No. 3 - 46  
Tels.: (5) 6672216 – 6672044  
Fax: (5) 6672042  
cartagena.ventas@co.sika.com

### EJE CAFETERO

Centro Logístico Eje Cafetero  
Cra. 2 Norte No. 1 – 536  
Bodegas No. 2 y 4. Vía La Romelia  
- El Pollo  
Dosquebradas, Risaralda  
Tels.: (6) 3321803 / 05 / 13  
Fax: (6) 3321794  
pereira.ventas@co.sika.com

### MEDELLÍN

Km. 34 Autopista Medellín - Btá  
Rionegro - Antioquia  
PBX: (4) 5301060  
Fax: (4) 5301034  
medellin.ventas@co.sika.com

### SANTANDERES

Km. 7 - Vía a Girón  
Bucaramanga - Santander  
PBX: (7) 646 0020  
Fax: (7) 6461183  
santander.ventas@co.sika.com

### TOCANCIPÁ

Vereda Canavita  
Km. 20.5 - Autopista Norte  
PBX: (1) 878 6333  
Fax: (1) 878 6660  
Tocancipá - Cundinamarca  
oriente.ventas@co.sika.com,  
bogota.ventas@co.sika.com

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todas las órdenes de compra son aceptadas con sujeción a nuestros términos de venta y despacho publicadas en la página web: col.sika.com. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

