



WATERPROOFING CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA TANQUES Y PISCINAS

SEGÚN LA NSR-10 (ACI 350M-06)

CONSTRUYENDO CONFIANZA



¿POR QUÉ SE PRESENTAN FALLAS Y RECLAMOS EN TANQUES Y PISCINAS?

Consideraciones de diseño y construcción según la NSR-10 (ACI 350M-06)



CONTENIDO

3	Antecedentes
4	Códigos aplicables
5	Las fuerzas dinámicas (ACI 350.3-06)
8	Control de la fisuración
9	El concreto reforzado para la construcción de tanques y piscinas
10	El diseño de la impermeabilización estructural (Diseño de las juntas y los sellos) según el ACI 224.3R-95 (Reaprobado en 2013).
14	¿Cómo escoger y colocar la Sika Waterbar®/ Cinta PVC?
16	Productos Sika para sello de juntas y protección del concreto
17	¿Qué vamos a hacer con los tanques y piscinas existentes?
19	Referencias

ANTECEDENTES



LAS ESTRUCTURAS PARA CONTENER LÍQUIDOS son también conocidas como “estructuras de concreto con ingeniería ambiental” y se usan para transportar y almacenar agua potable, aguas residuales y otros líquidos peligrosos o no peligrosos. Se incluyen los tanques y depósitos de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, tanques para almacenamiento de líquidos producto de diferentes procesos industriales y las piscinas con fines recreativos o deportivos. Estas estructuras pueden ser superficiales o estar enterradas en el suelo, semienterradas o localizadas en la parte alta de un edificio o sobre la estructura para un tanque elevado.

La normativa de diseño y construcción sísmo resistente de Colombia, la NSR-10, incluye en su capítulo C.23, los lineamientos para el diseño de estructuras que van a contener líquidos, que es un resumen del documento del Instituto norteamericano del concreto, ACI 350M-06, el cual contiene los procedimientos para el diseño estructural y construcción de este tipo de estructuras.

Según el ACI 350M-06 el diseño estructural comprende 2 partes:

1. Cálculo de las dimensiones de las secciones de concreto reforzado de muros, losas de fundación y losas aéreas con sus respectivos aceros de refuerzo.
2. Diseño de la impermeabilización estructural (cálculo de las juntas de construcción, juntas de retracción, juntas de expansión y sus respectivos sellos para evitar el escape del líquido).

Este diseño estructural es responsabilidad del ingeniero estructural. Pero es común encontrar que en el diseño no se siguen estrictamente los procedimientos

del ACI 350M-06, sobretodo en el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas que aparecen en estas estructuras al ocurrir un sismo y además casi nunca se realiza el diseño de la impermeabilización estructural. Se aduce desconocimiento del documento ACI 350M-06 y de otros documentos del ACI necesarios para el diseño de estas estructuras que no se han traducido al idioma español.

En 2016, **Sika Colombia** organizó un seminario sobre diseño de estructuras que van a contener líquidos (tanques y piscinas), dirigido a ingenieros estructurales. Se realizaron seminarios en 11 ciudades de Colombia con una asistencia total de 441 ingenieros. Se pudo verificar la necesidad de la comunidad de ingenieros de contar con cursos de este tipo en donde se explique la manera de hacer el diseño basados en la NSR-10 (ACI 350M-06).

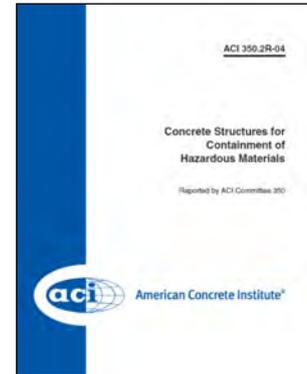
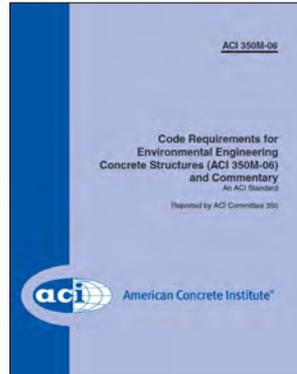
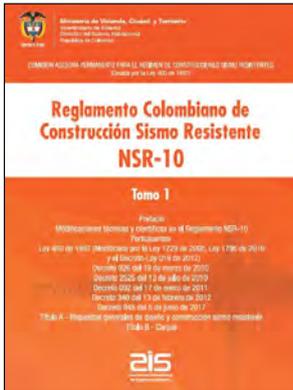
Como consecuencia, en la práctica es frecuente encontrar problemas en este tipo de estructuras, como: fisuras, filtraciones, secciones de concreto y aceros de refuerzo insuficientes, entre otros.

Esto se debe a errores en el diseño o en la construcción, producto de una mala planeación y mala calidad en la mano de obra. En ocasiones los muros no se fabrican en concreto reforzado sino en mampostería (bloques de ladrillo macizo o hueco). Los cierres debido a los daños y los trabajos de reparación/reforzamiento posteriores son usualmente muy costosos.

El presente documento es una recopilación sobre el diseño de estructuras que van a contener líquidos basado en la normativa sísmo-resistente NSR-10 (ACI 350M-06), incluyendo el diseño de la impermeabilización estructural en el cual Sika aporta su experiencia desarrollada durante varias décadas a nivel mundial.

Está dirigido a ingenieros constructores, ingenieros estructurales, arquitectos, supervisores de obra de los organismos públicos y privados encargados del diseño y la construcción de estructuras con ingeniería ambiental, llamadas así por el impacto que pueden tener en el entorno en caso de fallar.

CÓDIGOS APLICABLES



El capítulo C.23 de la normativa sismo resistente NSR-10 -Tanques y estructuras de Ingeniería Ambiental de Concreto- se basa en los lineamientos de diseño del documento “Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary” (ACI 350M-06) del Instituto Norteamericano del Concreto.

El ACI 350M-06 es un documento de 485 páginas que cubre el diseño estructural, la selección de materiales y la construcción de estructuras de concreto con ingeniería ambiental. Estas estructuras se usan para el transporte, almacenamiento y tratamiento de líquidos u otros materiales como residuos sólidos. Se incluyen estructuras auxiliares en represas, vertederos y canales.

Estas estructuras están sujetas a cargas únicas y diferentes condiciones de exposición ambiental severas y a requerimientos de servicio más estrictos que los de una estructura tipo edificio.

Las fuerzas incluyen las cargas muertas y vivas, equipos con vibración y las cargas hidrodinámicas. La exposición incluye el contacto con sustancias químicas y los ciclos de humedecimiento y secado. Los requerimientos de servicio incluyen la obligatoriedad de ser impermeables a líquidos y gases.

El diseño estructural con el ACI 350M-06 comprende 2 partes:

1. Cálculo de las dimensiones de las secciones de concreto reforzado de

los muros, losas de fundación y losas aéreas con sus respectivos aceros de refuerzo.

2. Diseño de la impermeabilización estructural (cálculo de las juntas de construcción, juntas de retracción, juntas de expansión y sus respectivos sellos para evitar el escape del líquido).

El considerar todas las condiciones de carga relevantes hace que el diseño asegure un adecuado servicio y seguridad, con una expectativa de vida entre 50 y 60 años de la estructura de concreto. Otros componentes, como los sellos de las juntas, tendrán una menor duración y requerirán mantenimiento o reemplazo.

El ACI 350M-06 hace referencia a otros documentos del ACI que le sirven de complemento para llevar a cabo un diseño estructural completo, a saber:

1. ACI 350.3-06, “Diseño sísmico de estructuras de concreto que van a contener líquidos”. Este documento es indispensable y de consulta obligatoria para poder calcular las fuerzas dinámicas que se originan durante un sismo.
2. ACI 350.2R-04, “Estructuras de concreto que contendrán líquidos peligrosos”. Este documento tiene las recomendaciones de diseño estructural, materiales y construcción de estructuras que contendrán líquidos peligrosos. Incluye el diseño de los sellos de las juntas y la protección del concreto para evitar que escapen los líquidos y lograr una estructura más durable.

El documento AIS 180-13, “Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones”, fue preparado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS.

Es un documento muy útil para calcular las fuerzas hidrodinámicas que aparecen en estas estructuras en el momento de un sismo. Las fuerzas causadas por el sismo de diseño se deben evaluar según la NSR-10, por lo tanto el documento AIS 180-13 sirve para convertir las ecuaciones del ACI 350.3-06 a lo requerido por el reglamento NSR-10.

El documento AIS 180-13 tiene el mapa de Colombia con los parámetros sísmicos necesarios para el cálculo de las fuerzas hidrodinámicas, según la ubicación geográfica del tanque/piscina dentro del territorio nacional.

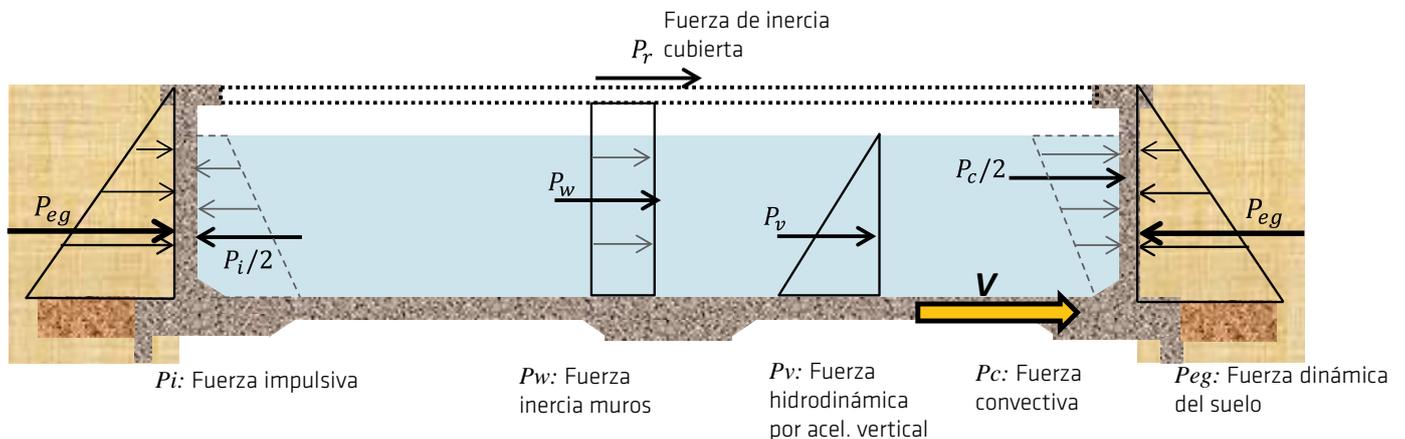
LAS FUERZAS DINÁMICAS (ACI 350.3-06)

El documento ACI 350.3-06 “*Seismic Design of Liquid – Containing Concrete Structures and Commentary*” tiene los procedimientos para el análisis y diseño sísmico de estructuras de concreto para contener líquidos. Se refiere al cálculo de las cargas para el diseño sísmico y su objetivo es complementar al ACI 350M-06.

Cuando el líquido está en reposo, la estructura está sometida a una presión hidrostática, la cual es máxima en el fondo y disminuye a medida que nos acercamos a la superficie. Pero las estructuras que van a contener líquidos (ej. tanques y piscinas) no deben diseñarse solamente para resistir esta presión.

Las paredes de los tanques deben diseñarse para resistir las siguientes fuerzas dinámicas además de la presión hidrostática:

- Fuerzas de inercia debido al peso de los muros (P_w) y peso de la cubierta (P_r).
- Fuerza impulsiva hidrodinámica (P_i) del líquido contenido.
- Fuerza convectiva hidrodinámica (P_c) del líquido contenido.
- Fuerza horizontal producida por la aceleración vertical del líquido (P_v).
- Fuerza dinámica del suelo contra la parte enterrada de la estructura (P_{eg}).



Fuerzas dinámicas que actúan en las paredes de las estructuras que contienen líquidos.

Estas fuerzas dinámicas se combinan y producen una fuerza cortante en la base (V) con la cual se hace el diseño de los muros y de la losa de fundación de la estructura.

$$V = \sqrt{[(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2 + P_{eg}^2 + P_v^2]}$$

Las fuerzas de inercia debido al peso de los muros (P_w) y de la cubierta (P_r), corresponden a fuerzas horizontales debido a su propio peso. Durante un sismo, un porcentaje del peso propio de estos elementos se convierte en fuerzas horizontales.

Mención especial merecen las fuerzas dinámicas impulsiva (P_i) y la convectiva (P_c), las cuales fueron propuestas por George W. Housner en 1963 (profesor de la Universidad de Michigan y del Instituto de Tecnología de California), y que a la fecha están aún vigentes.

Durante un sismo, la masa del líquido contenido en la estructura comienza a oscilar de un lado para otro produciendo dos fuerzas sobre las paredes de la estructura: la fuerza convectiva (P_c) y la fuerza impulsiva (P_i).

Una parte del líquido (el de la parte superior) produce una ola que empuja las paredes de la estructura en su parte superior,

y es llamada la fuerza convectiva (P_c). La mitad de la fuerza convectiva se aplica perpendicularmente en uno de los muros y la otra mitad en el muro opuesto (en el caso de estructuras rectangulares).

La masa de líquido de la parte inferior produce la fuerza impulsiva (P_i), que empuja la parte inferior de los muros de la estructura. Los muros del tanque en su parte inferior se mueven conjuntamente con la fuerza impulsiva como respuesta al movimiento sísmico. La mitad de la fuerza impulsiva se aplica en uno de los muros y la otra mitad se aplica en el muro opuesto.

Tanto la fuerza convectiva como la fuerza impulsiva tienen su aplicación a cierta altura de la base del muro y su tamaño será más grande o más pequeño dependiendo de la intensidad del movimiento sísmico.

Hay otra fuerza horizontal que es producida por el movimiento vertical del líquido durante un sismo (P_v) y su tamaño dependerá de la intensidad del sismo.

Adicionalmente si la estructura es enterrada, como en el caso de algunas piscinas o tanques, debe incluirse en el diseño la fuerza dinámica del suelo (P_{eg}) y su tamaño dependerá de la intensidad del sismo.

Igualmente en el caso de tanques elevados deben tenerse en cuenta las fuerzas dinámicas conjuntamente con las fuerzas estáticas para el diseño de las paredes del tanque y de su estructura de soporte.

En el caso de edificios con piscinas aéreas (en los pisos superiores), deben tenerse en cuenta estas fuerzas para el diseño de las losas, vigas y columnas de soporte.

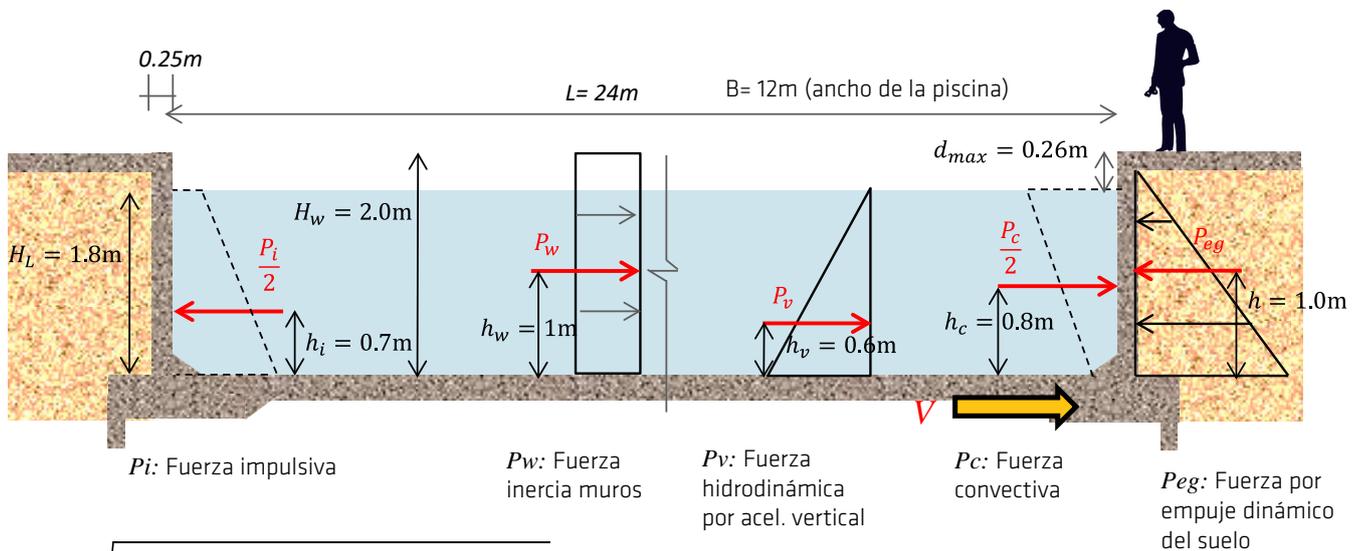


Tanque elevado dañado durante el sismo de Ecuador de Abril 16 de 2016.

¿PERO DE QUÉ TAMAÑO PUEDEN SER ESTAS FUERZAS DINÁMICAS EN UNA PISCINA Y EN UN TANQUE?

A continuación se muestran los resultados del cálculo de las fuerzas dinámicas en una piscina localizada en tres ciudades con diferente categoría de riesgo sísmico. La piscina no tiene cubierta, como sí la tienen los tanques, por lo tanto no se considera la fuerza horizontal producida por la cubierta / tapa (P_r). Los cálculos se hicieron con el procedimiento de diseño propuesto en los documentos ACI 350.3-06 y AIS 180-13.

Se muestran las fuerzas dinámicas que se aplican simultáneamente a cada una de las paredes del lado izquierdo y derecho del gráfico.



$$V = \sqrt{[(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2 + P_{eg}^2 + P_v^2]}$$

Riesgo sísmico	Ciudad	Fuerzas dinámicas (ton)					
		P_i	P_c	P_v	P_w	P_{eg}	V
Alto	Cali	17,2	9	2,3	5,5	30,2	38,9
Medio	Bogotá	9	4,8	1,2	2,9	22,5	25,9
Bajo	Barranquilla	4,6	2,2	0,6	1,4	6,9	9,4

P_i : Fuerza impulsiva

P_w : Fuerza de inercia de los muros

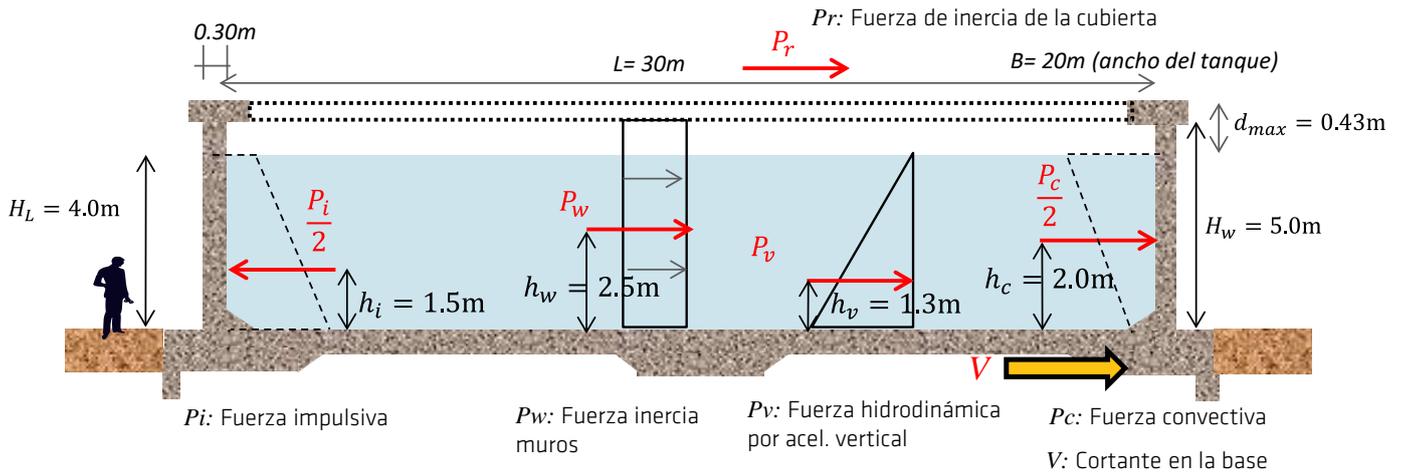
P_c : Fuerza convectiva

P_{eg} : Fuerza dinámica del suelo

P_v : Fuerza por acel. vertical

V : Cortante en la base

Pero si es un tanque de almacenamiento de agua potable o aguas residuales, las fuerzas dinámicas serían más grandes que las de una piscina debido a que sus dimensiones son mayores. A continuación se muestran los cálculos de las fuerzas dinámicas en un tanque de almacenamiento de agua potable (o residuales) apoyado sobre el terreno, por lo tanto no se considera la fuerza dinámica del suelo (P_{eg}).



$$V = \sqrt{[(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2 + P_v^2]}$$

Riesgo sísmico	Ciudad	Fuerzas dinámicas (ton)					
		P_i	P_c	P_v	P_w	P_r	V
Alto	Cali	212	54	25	18	207	441
Medio	Bogotá	112	28	13	10	108	232
Bajo	Barranquilla	56	14	6	5	54	116

P_i : Fuerza impulsiva

P_c : Fuerza convectiva

P_v : Fuerza por acel. vertical

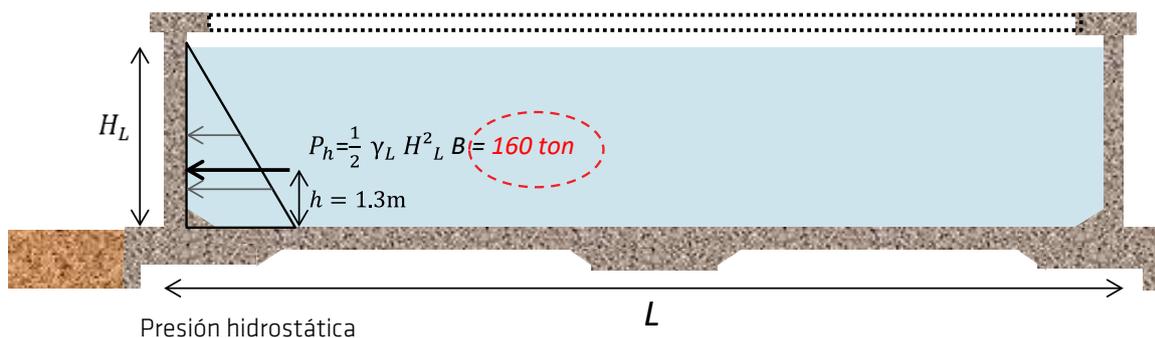
P_w : Fuerza de inercia de los muros

P_r : Fuerza de inercia de la cubierta

V : Cortante en la base

Es importante anotar que las estructuras que van a contener líquidos deben diseñarse teniendo en cuenta las fuerzas dinámicas conjuntamente con las fuerzas estáticas. Si sólo se consideran las fuerzas estáticas y no las dinámicas la estructura va a quedar mal diseñada, con secciones insuficientes de las losas y los muros, igualmente con menos acero de refuerzo.

Para el caso del tanque ubicado en Cali (riesgo sísmico alto) el cortante en la base producto de las fuerzas dinámicas es de 441 ton, mientras que la fuerza hidrostática (líquido en reposo) es de 160 ton. Las fuerzas dinámicas serán siempre más grandes que la fuerza hidrostática, por lo tanto deben ser tenidas en cuenta en el diseño estructural.



CONTROL DE LA FISURACIÓN

Es primordial controlar la fisuración en los depósitos de agua potable y de aguas residuales para evitar la filtración del agua. Es por ello que se establecen valores estrictos para los anchos permisibles de las fisuras una vez la estructura empieza a funcionar. La filtración de adentro hacia afuera y viceversa del agua potable o agua contaminada debe evitarse para proteger la salud de las personas.

El documento ACI 224R-01 “Control of Cracking in Concrete Structures” presenta las principales causas de la fisuración de estructuras de concreto y los procedimientos detallados para su control. La tabla 4.1 de dicho documento muestra los anchos de fisuras permitidos para estructuras de concreto reforzado bajo cargas de servicio y diferentes tipos de exposición. Se permiten anchos de fisuras de apenas 0.1 mm para las estructuras que van a contener líquidos. Es decir, una vez empiece a funcionar el depósito/tanque/piscina sólo se permitirían fisuras con ese ancho.

ACI 224R-CEB-FIP

Condición de exposición	Ancho de fisura	
	pulg	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Químicos para deshielo	0,007	0,18
Agua de mar, zona de salpique, ciclo húmedo y seco	0,006	0,15
Estructuras de retención de agua	0,004	0,10

* Excluye a tuberías sin presión

Tabla 4.1 del ACI 224R. Guía de anchos de fisura razonables para el concreto reforzado bajo cargas de servicio.

Se satisface el estado límite de fisuración si el ancho superficial de las fisuras no resulta mayor al valor especificado.

Los anchos de las fisuras se limitarán si se distribuye el acero de refuerzo de tal manera que se formen cierto número de fisuras muy finas, en lugar de unas pocas fisuras con un ancho que pueda resultar excesivo. Esto se logra distribuyendo barras de acero con un diámetro pequeño en lugar de un área igual con diámetros mayores. Igualmente las barras de acero deben colocarse con una separación pequeña y no muy separadas ya que permitirían la formación de fisuras.



Acero de refuerzo en la losa de una estructura para contener líquidos. Se prefieren las barras de acero con diámetros pequeños y con separaciones pequeñas para minimizar el riesgo de que aparezcan fisuras con anchos grandes mayores a lo permitido.

El documento ACI 350.2R-04 “Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials” tiene una tabla guía con los espesores de los muros y la ubicación del acero de refuerzo dependiendo de la altura de los muros y del tipo de vaciado del concreto. Es una excelente guía para determinar si una estructura para contener líquidos, cumple o no con los espesores mínimos de los muros y con la correcta ubicación del acero de refuerzo.

Descripción	Altura del muro	Espesor mínimo	Ubicación acero de refuerzo
Concreto vaciado en el sitio	Más de 3 m	30 cm	Ambas caras
	Entre 1.2 m y 3 m	25 cm	Ambas caras
	Menos de 1.2 m	15 cm	Centro del muro
Concreto prefabricado	1.2 m o más	20 cm	Centro del muro
	Menos de 1.2 m	10 cm	Centro del muro

Tabla 2.1 del ACI 350.2R-04. Espesores de los muros y ubicación del acero de refuerzo de acuerdo al tipo de vaciado/colocación del concreto en estructuras para contener líquidos.

EL CONCRETO REFORZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TANQUES Y PISCINAS

Las estructuras para contener líquidos se diseñan y construyen con concretos densos, durables, de baja permeabilidad, resistentes a los químicos, con deflexiones y fisuración muy limitadas. Se deben controlar las filtraciones para minimizar el riesgo de contaminación de las aguas del subsuelo, la pérdida de líquidos o la infiltración y lograr la durabilidad de la estructura.

Se requiere de un diseño de mezcla de concreto de baja permeabilidad y retracción, con una manejabilidad adecuada de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Se recomienda una relación agua cemento máxima de 0.45 ($A/C < 0.45$), con aditivos superplastificantes que provean la manejabilidad requerida (tipo **SikaPlast®** o **Sika ViscoCrete®**) y la inclusión de un aditivo impermeabilizante (tipo **Sika®WT**).



Colocación del concreto de una losa de una estructura para contener líquidos.

En la fabricación del concreto hay variables que hay que tener en cuenta como: calidad de los agregados, tipo de cemento, clima, transporte y condiciones de colocación. Por lo tanto es recomendable realizar ensayos de laboratorio previos que determinen el diseño de mezcla definitivo.

Sin embargo, la durabilidad de la estructura se podrá ver afectada por prácticas deficientes durante el proceso de construcción: un mal vibrado, deficiente estabilidad de la formaleta, mal curado o un mal diseño y ubicación de las juntas.

Las juntas se diseñarán para tener en cuenta el fenómeno de la contracción y los cambios en la temperatura y evitar el agrietamiento de la estructura.



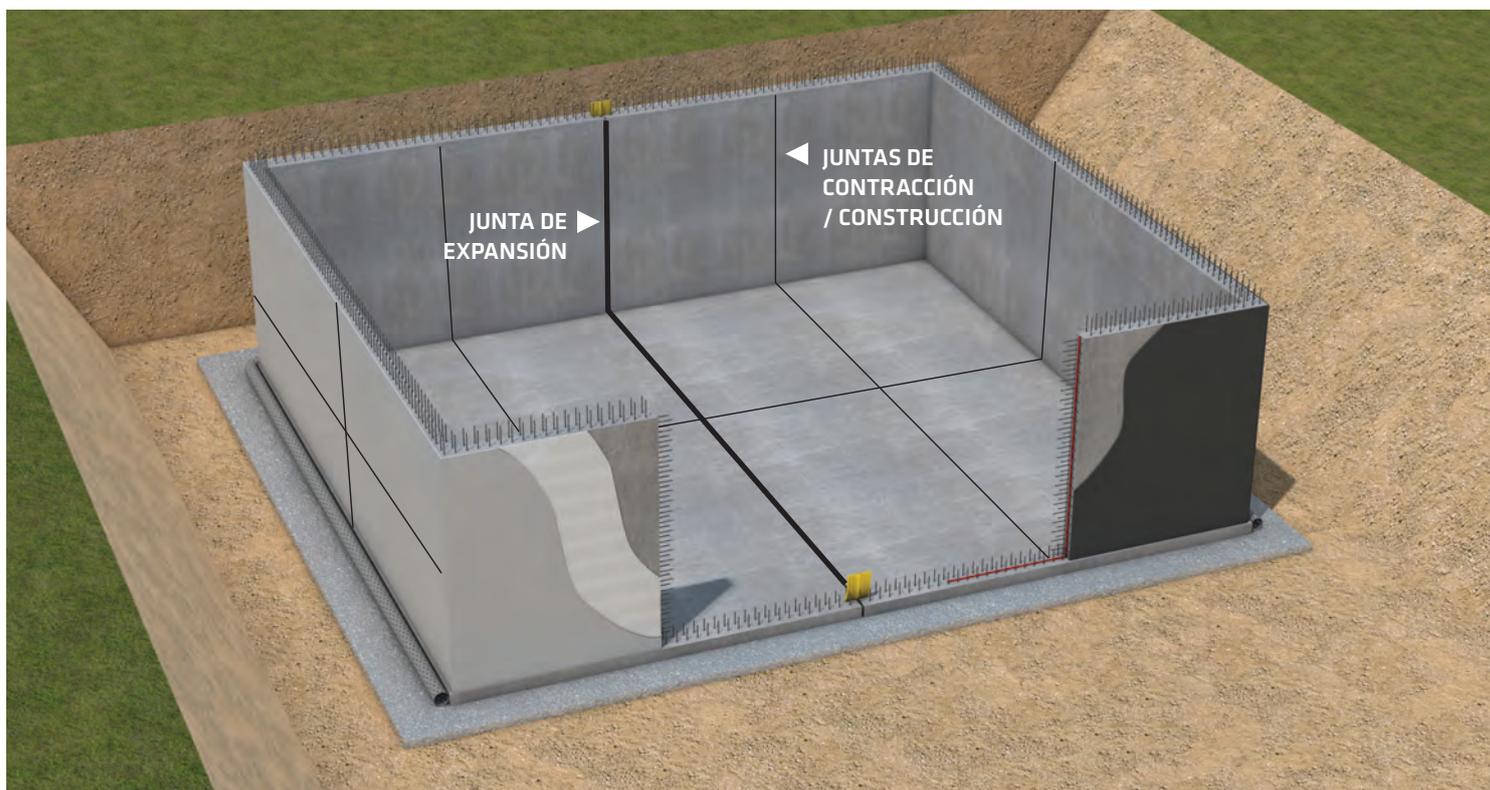
EL DISEÑO DE LA IMPERMEABILIZACIÓN ESTRUCTURAL (DISEÑO DE LAS JUNTAS Y LOS SELLOS) SEGÚN EL ACI 224.3R-95 (REAPROBADO EN 2013).

El diseño de la impermeabilización estructural abarca las juntas de construcción, juntas de retracción, juntas de expansión en los muros y losas y sus respectivos sellos para evitar el escape del líquido. Hace parte del diseño estructural de una estructura para contener líquidos.

El documento ACI 224.3R-95 (reaprobado en 2013) *"Joints in Concrete Construction"* muestra el procedimiento de diseño, construcción y mantenimiento de juntas en estructuras de concreto sujetas a una gran variedad de usos y condiciones ambientales. Se incluyen los materiales para el sello de las juntas y las técnicas para su colocación.

También se recomienda el documento ACI 504R-90 (reaprobado en 1997) *"Guide to Sealant Joints in Concrete Structures"* para un mayor entendimiento de los materiales que se usan para sellar las juntas.

Hay 3 tipos de juntas en los muros y en las losas de las estructuras para contener líquidos: juntas de contracción, juntas de expansión (o juntas de aislamiento) y las juntas de construcción.

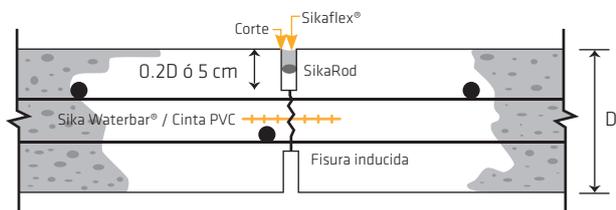


Juntas de contracción, construcción y expansión en las paredes y losas de un tanque.

JUNTAS DE CONTRACCIÓN

Son un plano de debilidad creado de manera intencional mediante la reducción de la sección, del acero de refuerzo o de ambos. Entonces la fisura debería formarse en este plano de debilidad y no al azar en cualquier otra parte del muro o losa. Las juntas de contracción ubican las fisuras en lugares seleccionados con propósitos de apariencia o integridad estructural.

Las juntas de contracción son fáciles de hacer mediante el uso de tiras de madera, caucho, plástico o metal colocadas en la formaleta. Estas tiras dejan unas hendiduras estrechas en las partes interna y externa del muro (o losa). La profundidad total de las hendiduras debería ser de 0.2 veces el espesor del muro o 5 cm. Posteriormente el corte debe sellarse para evitar la penetración de humedad o cualquier otro químico que promueva un proceso de corrosión del acero de refuerzo del muro o losa.



Junta de contracción con dos cortes. Se muestra el sello primario (Sika Waterbar® / Cinta de PVC V-10 ó V-15) y el sello secundario en el corte (línea Sikaflex®).

En las estructuras que van a contener líquidos, las juntas de contracción deben sellarse con un sello elastomérico diseñado para trabajar sumergido y que provea una junta impermeable (**Línea Sikaflex®**) y resistente a ataques químicos (**Sikaflex®PRO-3**). También se sugiere colocar una cinta de PVC a través de la junta (**Sika Waterbar®/Cinta PVC V-10 ó V-15**). Es preferible un sellante elastomérico y una cinta de PVC cuando se desea proteger el acero de refuerzo de la corrosión.

No hay reglas precisas para la ubicación de las juntas de contracción en los muros. Cada estructura debería examinarse individualmente para determinar su ubicación. Se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para muros entre 3 m y 4 m de alto con aberturas, se deberán colocar juntas de contracción entre 5 y 6.5 m.
- Muros sin aberturas o muros con aberturas (mayores a 4 m) pueden tener juntas a no más de 8.0 m. Para muros más bajos se debe reducir la distancia entre juntas de construcción.
- Para muros entre 3 m y 4 m de alto se pueden colocar juntas a una distancia de las esquinas entre 3 m y 5 m. Juntas a menos de 3 m pueden resultar en una deformación excesiva de la junta.

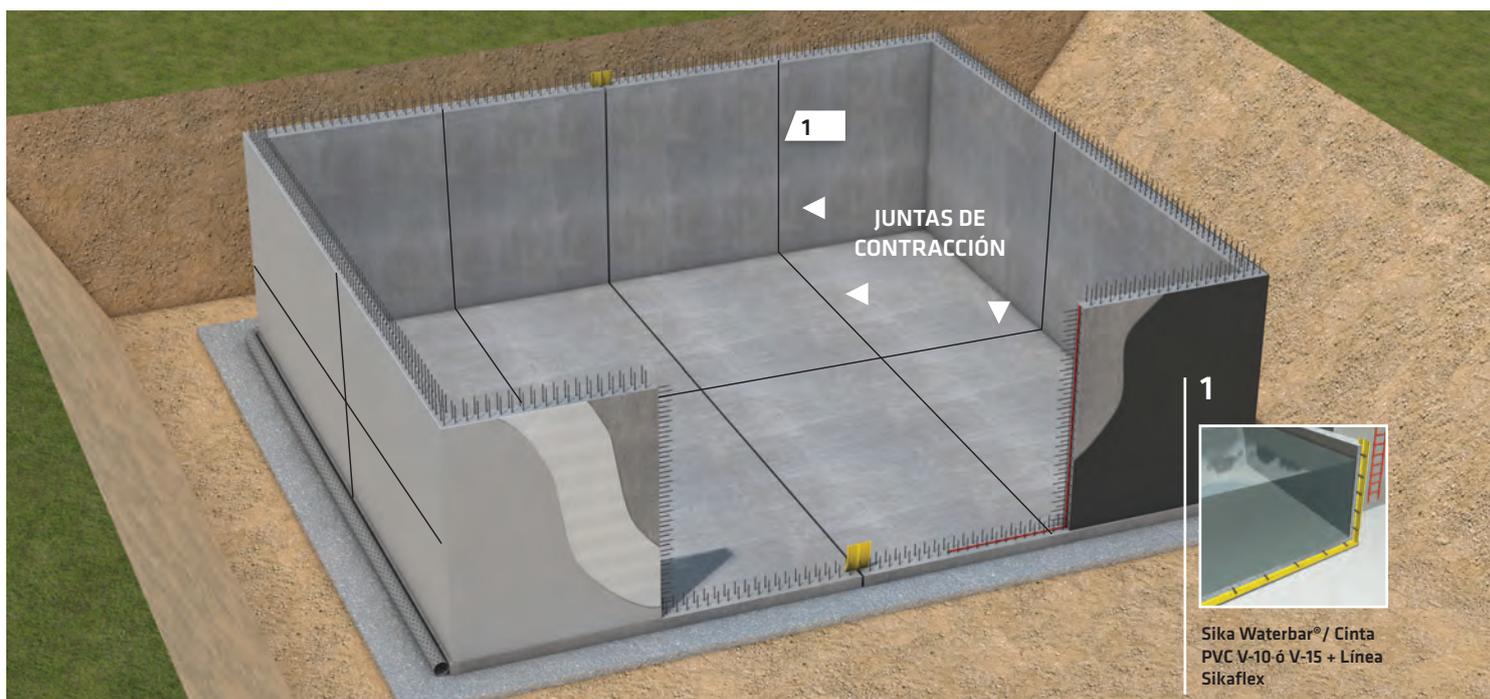
- Colocar juntas de contracción en los bordes de las aberturas, cambios en el espesor del muro o en otras partes en donde haya posibilidad de tener una fisura vertical.

Se deben colocar juntas de contracción en las losas de fundación de las estructuras que van a contener líquidos para reducir el riesgo de fisuración por la retracción del concreto y para aliviar los esfuerzos internos. Una losa de concreto sobre el suelo no seca uniformemente a través de su espesor ya que las condiciones ambientales son diferentes en la superficie que en el fondo. La parte superior se seca más rápido que el fondo y como resultado la losa tratará de alabearse en los bordes. Similares efectos se presentan por cambios en la temperatura. La cantidad de deformación puede controlarse con el espaciamiento de las juntas de contracción.

Las juntas de contracción se pueden espaciar dividiendo la losa en áreas rectangulares pequeñas (aunque se prefieren áreas cuadradas). Como regla general la relación entre el lado largo y el corto no deberían exceder valores entre 1.25 y 1.5.

Se recomienda que las juntas de contracción en las losas se coloquen en distancias entre 24 y 36 veces el espesor de la losa en ambas direcciones.

Para concretos con un asentamiento alto (>15 cm) y con un tamaño máximo de agregado de 20 mm se recomienda que la separación sea de 24 veces el espesor de la losa; para concretos con un asentamiento más bajo y agregado más grande se permiten espaciamientos más grandes.



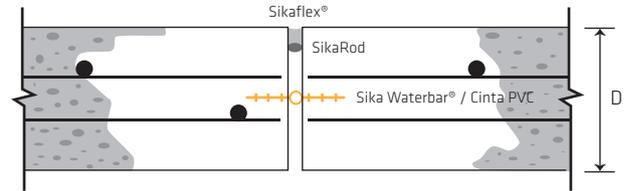
Juntas de contracción en la losa y paredes de un tanque. Se muestra el detalle del sello de la junta con una Sika Waterbar® / Cinta PVC V-10 ó V-15 y un sello de poliuretano Sikaflex®.

JUNTAS DE EXPANSIÓN (O AISLAMIENTO)

Se usan en los muros y en las losas (de fundación o aéreas) para separar secciones de concreto adyacentes y permitir el libre movimiento. El acero de refuerzo no atraviesa la junta de expansión.

Los movimientos pueden ser el resultado de fuerzas de compresión debidas a la expansión, cargas aplicadas o movimientos diferenciales. Los cambios en temperatura son una causa importante para el movimiento de los muros y las losas. El movimiento causado por los cambios de temperatura se obtiene al multiplicar el coeficiente de expansión térmica del concreto por la longitud de la estructura y por el diferencial de temperatura.

Las juntas de expansión deben sellarse con un sello elastomérico diseñado para trabajar sumergido y que provea una junta impermeable (**Línea Sikaflex®**) y resistente a ataques químicos (**Sikaflex®PRO-3**). También se sugiere colocar una cinta de PVC a través de la junta (**Sika Waterbar®/Cinta PVC O-15 ó O-22**).

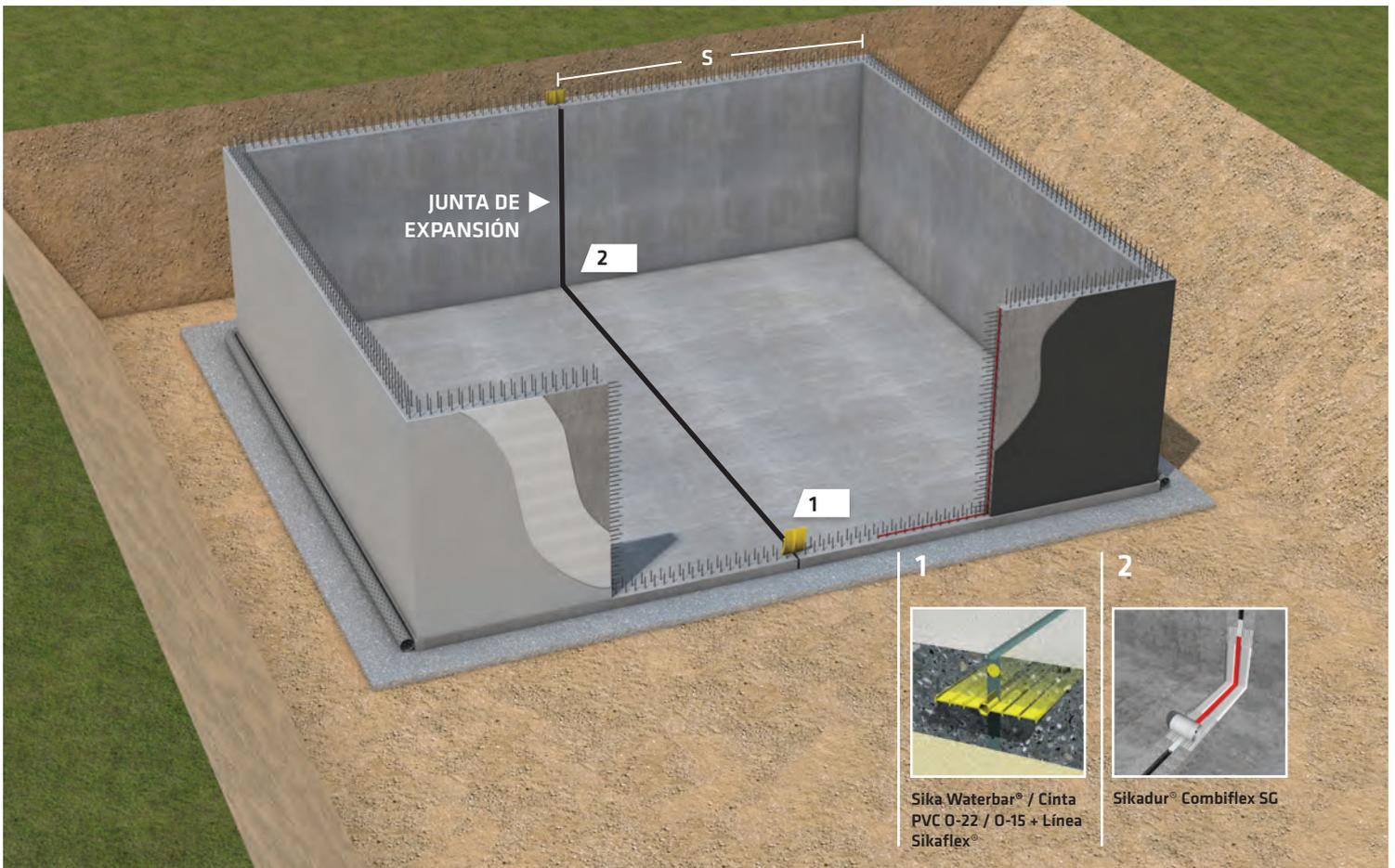


Junta de expansión. Se muestra la Sika Waterbar® / Cinta de PVC O-15 ó O-22 y el material de sello secundario (línea Sikaflex®).

EJEMPLO:

Coeficiente de expansión térmica del concreto: $\alpha = 11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
 Longitud del tanque (L): 80 m
 Diferencial de temperatura: 20°C (diferencia entre la temperatura del día y la noche)
 Expansión del concreto: $80 \text{ m} \times 20^{\circ}\text{C} \times 11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} = 0.0176 \text{ m}$ (1.8 cm)

NOTA: Los anchos de juntas de expansión oscilan entre 20 y 25 mm. Se recomienda colocar las juntas de expansión entre 60 m y 100 m ($60 \text{ m} < S < 100 \text{ m}$).

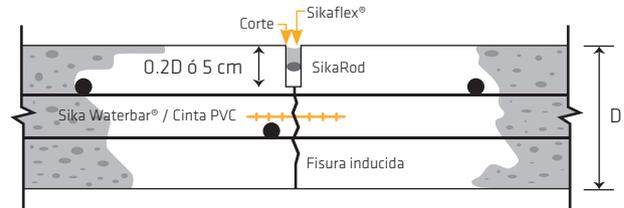


Junta de expansión en las paredes y losa de un tanque. Se muestra el detalle del sello de la junta con Sika Waterbar® / Cinta PVC O-22 / O-15 y un sello de poliuretano Sikaflex®. Otra opción es el uso de una cinta impermeable flexible Sikadur® Combiflex SG.

JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

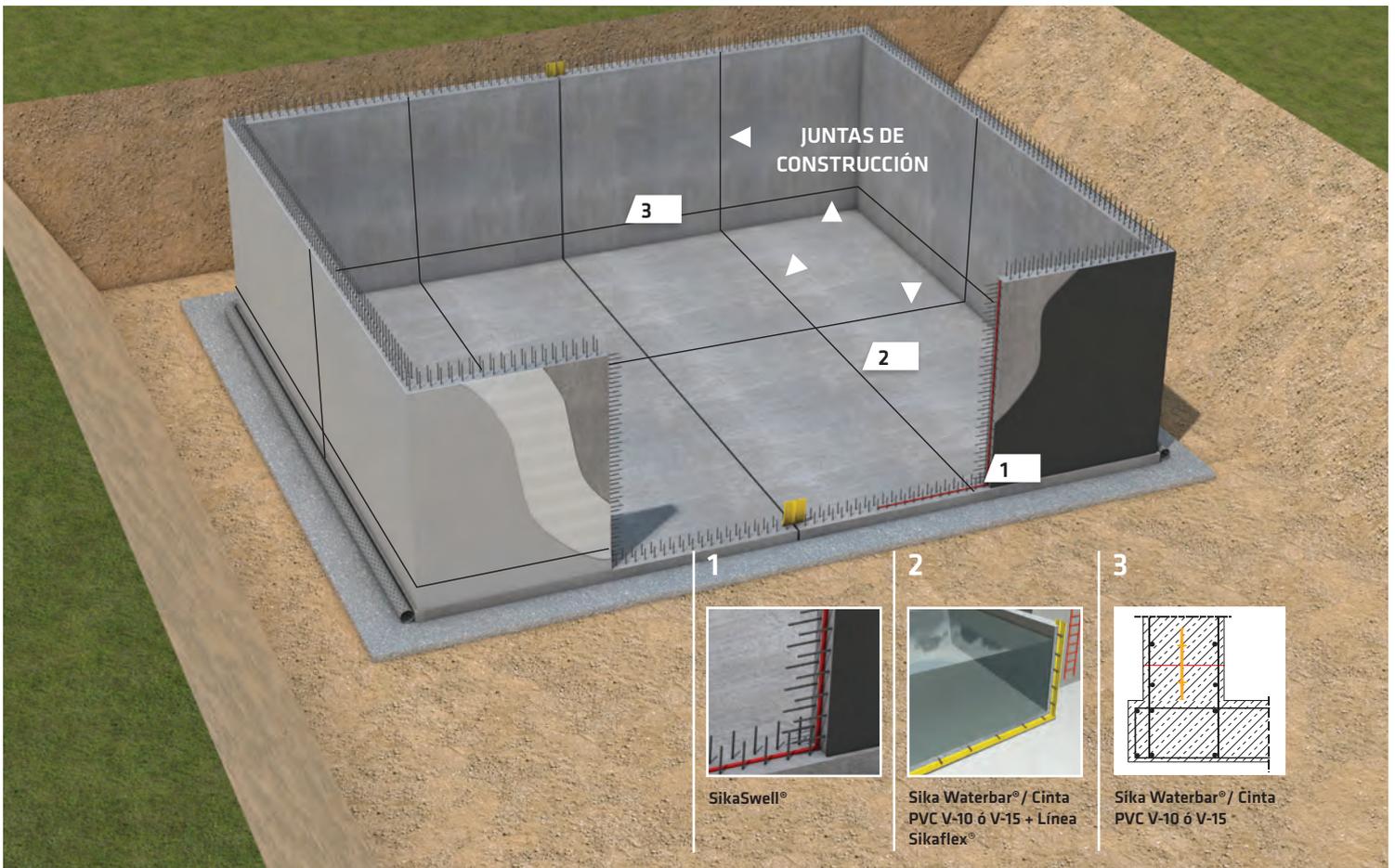
Se forman por la interrupción de la colocación del concreto. Pueden ser verticales u horizontales y su lugar se establece antes de la construcción. Las juntas de construcción deberían planearse para coincidir con las juntas de contracción y las juntas de expansión. Si no coinciden con éstas deberían sellarse como si fueran unas juntas de contracción. Deben hacerse con los cortes que permitan la colocación del sellante, a menos que se haya colocado una cinta de PVC.

las juntas de construcción deben sellarse con un sello elastomérico diseñado para trabajar sumergido y que provea una junta impermeable (**Línea Sikaflex®**) y resistente a ataques químicos (**Sikaflex®PRO-3**). También se sugiere colocar una cinta de PVC a través de la junta (**Sika Waterbar®/Cinta PVC V-10 ó V-15**). Es preferible un sellante elastomérico y una cinta de PVC cuando se desea proteger el acero de refuerzo de la corrosión.



Junta de Construcción con un solo corte. Se muestra la Sika Waterbar® / Cinta de PVC V-10 ó V-15 y el material de sello secundario (línea Sikaflex®).

NOTA: En el caso de tanques con columnas, se recomienda dejar juntas de expansión en la losa de fundación alrededor de las columnas. Consultar el capítulo 5 del ACI 224.3R-95



Junta de construcción. Se muestra el detalle del sello de la junta con una cinta de la Sika Waterbar® / Cinta de PVC V-10 ó V-15 y un sello de poliuretano Sikaflex®. En caso de no poder instalar una cinta de PVC por la congestión de barras de acero de refuerzo, se puede usar un sello expandible hidrofílico (SikaSwell®) el cual se expandirá cuando entre en contacto con el agua que quiere salir por la junta.

¿CÓMO ESCOGER Y COLOCAR LA SIKA WATERBAR® / CINTA PVC?

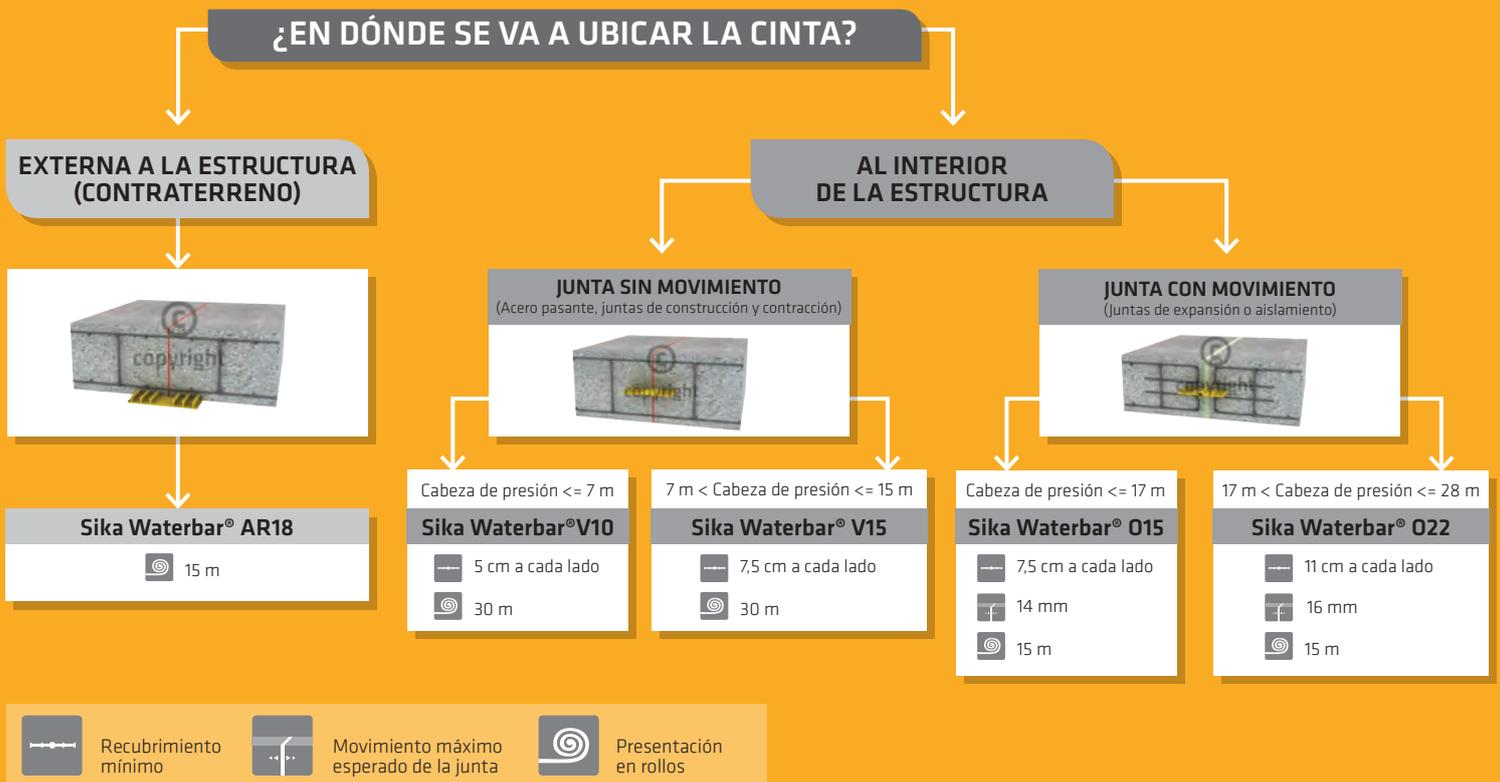
La Sika Waterbar® / Cinta PVC se escoge con base en:

1. Tipo de junta (expansión o contracción/construcción).
2. Ubicación (en la parte externa o en la parte interna de la estructura).
3. Cabeza de presión (entre 7 a 28 m).

* Para cabezas de presión >28 m se debe consultar al departamento técnico por los productos especiales.

La Sika Waterbar® / Cinta PVC para las juntas de expansión tienen un bulbo central que permite que se mueva conjuntamente con la junta sin sufrir ningún daño (desgarro o rotura). Para las juntas de contracción y las de construcción se usan cintas sin bulbo central ya que no van a estar sometidas a grandes deformaciones.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS SIKA WATERBAR® / CINTA PVC.



IMPORTANTE: Se recomienda también basar la elección de Sika Waterbar® / Cinta PVC en el ancho del elemento de concreto, pues así se consigue un factor de seguridad adicional para que la cinta tenga mayor área de contacto para bloquear el paso de agua bajo el principio de laberinto y el recubrimiento mínimo de concreto.

La correcta colocación de la cinta de PVC es de vital importancia para cumplir con la función de no dejar escapar el líquido contenido en el tanque/piscina.

Sika Waterbar® / Cinta PVC debe quedar bien amarrada y alineada para que no se mueva durante la colocación del concreto. El amarre de la cinta al acero de refuerzo debe hacerse sin perforarla, mediante el uso de sujetadores especiales que se suministran conjuntamente con la cinta de Sika.



Cinta de PVC colocada correctamente en la losa, conformando una junta de construcción.



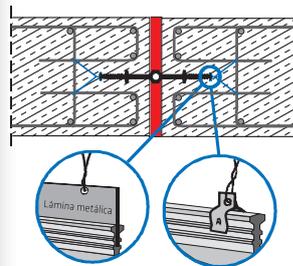
Cinta de PVC mal centrada en el muro de un tanque.

Consultar la guía para la correcta instalación de Sika Waterbar® / Cinta PVC.



GUÍA PARA LA CORRECTA INSTALACIÓN DE SIKAWATERBAR® / CINTA PVC

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Fijación de la cinta al interior de la estructura

La cinta que se posiciona al interior de la estructura de concreto debe sujetarse al acero de refuerzo con ganchos adecuados para tal fin, sin que haya perforación de la cinta.



Empaque de Sika Waterbar® / Cinta PVC. Se incluye la Guía para la Correcta Instalación y los ganchos de sujeción.

PRODUCTOS SIKA PARA SELLO DE JUNTAS Y PROTECCIÓN DEL CONCRETO

SELLOS DE JUNTAS

Sika Swell®

Sellos expandibles hidrofílicos que se expanden al entrar en contacto con el agua, para sellado por presión en juntas de construcción. Para sellar: tuberías o hierros que atraviesan muros y losas de contrapiso, juntas frías entre concreto fresco y existente, alrededor de todo tipo de elementos pasantes en el concreto.

Sikadur®Combiflex SG

Sistema para el sellado de juntas de expansión, contracción, construcción y sellado de grietas. El sistema Sikadur Combiflex SG consiste de una cinta impermeable de poliolefina (TPO) flexible con un adhesivo epóxico Sikadur de gran adherencia.

Línea Sikaflex®

Sellantes elásticos de poliuretano para el sello de juntas. En caso de requerirse alta resistencia química, se debe especificar el Sikaflex®PRO-3.

RECUBRIMIENTOS IMPERMEABLES

SikaTop®Seal-107

Mortero acrílico flexible para impermeabilizar estructuras hidráulicas sometidas a alta presión y movimiento.

Sika MonoTop®-160 Migrating

Mortero monocomponente con tecnología de impermeabilización por cristalización de estructuras hidráulicas. Resiste presión positiva y negativa.

Sikalastic®1K

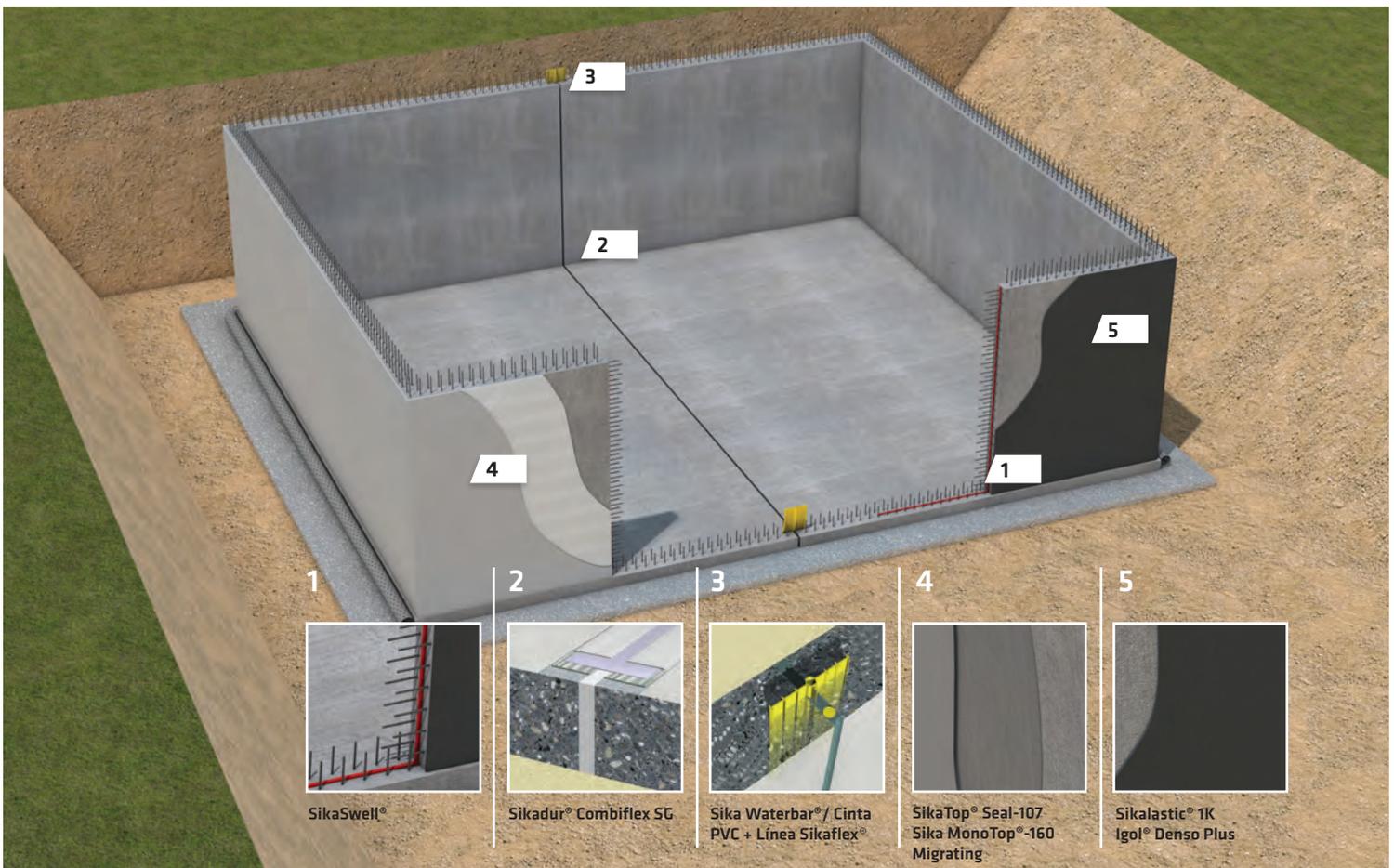
Mortero acrílico monocomponente ultra flexible reforzado con fibras, para impermeabilizar tanques y piscinas.

Igol®Denso Plus

Protección impermeable para estructuras enterradas y jardinerías con aditivo antiraíz.

SikaCeram Flex

Adhesivo flexible para el pegado de todo tipo de enchapes en estructuras sumergidas y zonas húmedas como piscinas.



¿QUÉ VAMOS A HACER CON LOS TANQUES Y PISCINAS EXISTENTES?



Muchas estructuras para contener líquidos fueron diseñadas y construidas hace varias décadas cuando no se habían publicado los documentos que se usan en la actualidad para llevar a cabo un diseño estructural apropiado. Cuando se revisan teniendo en cuenta las recomendaciones del ACI 350M-06 resultan desactualizadas estructuralmente, con secciones de muros y losas más pequeñas de lo requerido. Lo mismo sucede con la cantidad y espaciamiento del acero de refuerzo en toda la estructura. Además se pensaba que el concreto era un material duradero que no requería de protección contra el ingreso de los agresores del medio ambiente ni de los líquidos que iban a contener. Entonces los concretos se dejaban a la vista sin ningún recubrimiento protector que evitara el ingreso de sustancias químicas al interior, lo cual causaba un deterioro grande del concreto y corrosión en los aceros de refuerzo.

Es por ello que muchas de estas estructuras deben ser rehabilitadas para que sigan funcionando por varios años más.

Los daños más comunes en estas estructuras son:

- Deterioro de la pasta de cemento por ataque de sustancias químicas contenidas en los líquidos.
- Corrosión del acero de refuerzo.
- Fisuración de la estructura de concreto debido a la corrosión de los aceros, mala posición de las barras de acero o sección insuficiente de muros, losas y columnas.
- Filtraciones debido a un mal diseño de la impermeabilización estructural (cálculo de las juntas y sus respectivos sellos). El líquido se escapa de la estructura o el agua del exterior entra a la estructura.

Pero en las últimas décadas se han desarrollado productos y sistemas especiales para la reparación/reforzamiento de estructuras, como:

1. **Concretos/grouts sin retracción:** materiales cementosos con altas resistencias mecánicas, fluidos, sin retracción que se utilizan en el recrecimiento de secciones de elementos estructurales (muros, losas, columnas, etc).
PRODUCTOS: **SikaGrout® 212**, **SikaGrout® 200**, **Sika Concrelisto®RE 5000**.

2. **Morteros de reparación:** materiales cementosos con altas resistencias mecánicas utilizados para la reparación de elementos estructurales. Pueden ser “modificados” con resinas acrílicas para aumentar su adherencia o de fraguado rápido para ponerse en uso en sólo un par de horas.
PRODUCTOS: **SikaTop®-122**, **SikaTop®-122 Plus Monocomponente**, **SikaRepair 220**, **SikaQuick-2500**.

3. **Inhibidores de corrosión:** si la corrosión es localizada se recomienda limpiar el acero de refuerzo y recubrirlo con un inhibidor de corrosión (tipo acrílico o epóxico). Si la corrosión es general en toda la estructura no es necesario destapar el acero de refuerzo para su limpieza; en este caso se coloca sobre la superficie del concreto un inhibidor de corrosión por impregnación, el cual migrará hacia el acero de refuerzo para detener el proceso de corrosión.
PRODUCTOS: **SikaTop® Armatec 108**, **SikaTop® Armatec 110 EpoCem**, **Sika FerroGard 903**.

4. **Impregnaciones hidrofóbicas:** líquidos que se colocan en la superficie del concreto, para que penetren en su interior y produzcan un efecto repelente del agua que intente ingresar al interior de la estructura. De esta manera los agresores del medio ambiente que están disueltos en el agua no pueden penetrar en la estructura.
PRODUCTOS: **Sikagard-706 Thixo**, **Sikagard-705L**.

5. **Recubrimientos protectores:** pueden ser de tipo acrílico o epóxico dependiendo de la resistencia al ataque químico que se requiera. Las estructuras para contener líquidos deben protegerse para que los líquidos que contienen no ataquen al concreto reforzado o al acero de refuerzo.
PRODUCTOS: **Sikaguard®-61**, **Sikaguard®-62**, **Sikaguard®-50**, **Sikaguard®-63N**.

6. **Materiales compuestos FRP:** platinas/tejidos de fibra de carbono para el reforzamiento estructural de muros, losas y columnas. Estos materiales tienen resistencias a la tensión muy superiores a las del acero de refuerzo usado en construcción, se instalan de manera muy rápida y no cambian la estética de la estructura (por su bajo espesor, se pueden recubrir fácilmente con una pintura protectora o un mortero de reparación).
PRODUCTOS: **Sistema Sika CarboDur®**.

7. **Inyecciones impermeables:** resinas químicas a base de poliuretano o acrílico de baja viscosidad para inyectar el concreto y disminuir su porosidad.
PRODUCTOS: **Sika® Injection-101**, **Sika® Injection-306**.

8. **Reparación de juntas impermeables:** cintas adheridas al concreto que soportan presión positiva y negativa (10 m máx.).
PRODUCTOS: **Sikadur® Combiflex SG**

ALGUNOS EJEMPLOS DE REHABILITACIÓN DE TANQUES



1

Tanque en Ibagué reforzado con platinas de fibra de carbono **Sika CarboDur®-S512** colocadas en el sentido vertical para mejorar su desempeño estructural durante un sismo.



2

Tanque en Bogotá reforzado con un tejido de fibra de carbono **SikaWrap®-600C** colocado en los muros en la parte exterior para mejorar su desempeño durante un sismo.



3

Columnas en el interior de un tanque en Bogotá, antes del reforzamiento estructural.



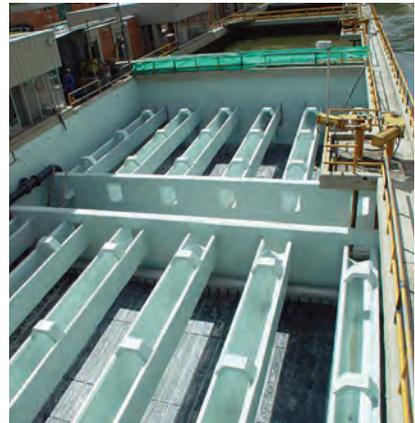
4

Las mismas columnas encamisadas con concreto reforzado. Se usó un concreto sin retracción **Sika Concrelisto®RE 5000** para el encamisado de las columnas.



5

Rehabilitación de un tanque desarenador en una planta de tratamiento de agua potable en La Calera - Cundinamarca.



6

Protección del concreto con el recubrimiento epóxico **Sikaguard®-62**.

REFERENCIAS



- ACI 350M-06. Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary.
- ACI 350.3-06. Seismic Design of Liquid – Containing Concrete Structures and Commentary.
- ACI 350.2R-04. Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials.
- ACI 224.3R-95 (reaprobado en 2013). Joints in Concrete Construction.
- ACI 504R-90 (reaprobado en 1997). Guide to Sealant Joints in Concrete Structures.
- ACI 224R-01. Control of Cracking in Concrete Structures.
- AIS 180-13. Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones.
- NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- Guía para la correcta instalación de Sika Waterbar®/Cintas PVC.

Este documento ha sido realizado por el Departamento Técnico de Sika Colombia con base en las referencias relacionadas y es responsabilidad del lector o usuario del documento y no de Sika el uso adecuado de la información aquí consignada. El documento es propiedad de Sika y no está autorizada la reproducción total o parcial del mismo.

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 100 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 17.000 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

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) 6460082
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

sika_colombia@co.sika.com
[web: col.sika.com](http://web.col.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.



Código: CO-SC 033-1



Código: CO-SA 006-1



Responsabilidad Integral



www.linkedin.com/company/sika

CONSTRUYENDO CONFIANZA

