

**DISEÑO PRELIMINAR DE IMPERMEABILIZACIÓN EN EDIFICACIONES PARA
EL FUTURO DESARROLLO DE UN MANUAL TÉCNICO**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTA D.C.
2015**

**DISEÑO PRELIMINAR DE IMPERMEABILIZACIÓN EN EDIFICACIONES PARA
EL FUTURO DESARROLLO DE UN MANUAL TÉCNICO**

**Iván Camilo Tique Garzón
Néstor Fabián Gaitán Peña
Edisson Alfredo Barriga Quintero**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**Ing. Elver Cuellar Pinzón.
Asesor Disciplinar
Lic. Bibiana Carolina Gómez Salgado
Asesor Metodológico**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTA D.C.
2015**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá 04 mayo de 2015

INDICE DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN	9
GENERALIDADES.....	10
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2 JUSTIFICACIÓN	12
3 OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4 ANTECEDENTES	14
5 MARCO REFERENCIAL.....	15
5.1 MARCO TEÓRICO.....	15
5.2 MARCO CONCEPTUAL	17
5.3 MARCO JURÍDICO	19
6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	20
6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
6.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	21
6.3 FASES Y ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN.....	22
6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	23
7 RESULTADOS.....	26
7.1 IMPERMEABILIZACIÓN DE TANQUES	27
7.1.1 INTRODUCCIÓN	28
7.1.2 CONSTRUCCIÓN	30
7.1.2.1 CONCRETO.....	31
7.1.2.2 JUNTAS.	34
7.1.2.2.1 Las juntas en tanques se requieren básicamente por dos razones:	34
7.1.2.2.2 Recomendaciones para el tratamiento de juntas:.....	34
7.1.2.2.3 Consideración para el sello de juntas mediante el sistema de impermeabilización de cinta de pvc.	35
7.1.2.3 IMPLEMENTACIÓN DE PAÑETE CON BAJA PERMEABILIDAD	41
7.1.2.4 ELABORACIÓN DE MEDIA CAÑA EN LOS VÉRTICES HORIZONTALES Y VERTICALES.	42
7.1.2.5 PASE MUROS	43
7.1.2.6 RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE DE BAJO ESPESOR.	44
7.1.2.6.1 SISTEMAS Y PRODUCTOS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA TANQUES.	44
7.1.2.6.2 FACTORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	46
7.1.2.6.3 MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD EN RELACIÓN AL SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA TANQUES.....	48
7.1.2.7 Infiltración por nivel freático	50
7.1.3 REPARACIÓN.....	52
7.1.3.1 PROBLEMAS FRECUENTES	52
7.1.3.1.1 Fisuras en muros y piso:	52
7.1.3.1.2 Hormigueros en muros y piso:	53
7.1.3.1.3 Fallas en juntas:	53
7.1.3.1.4 Grietas:	54
7.1.3.1.5 Filtración en Pase muros (sellos):.....	55

7.1.3.1.6	Ausencia de material impermeabilizante:	55
7.1.3.1.7	Infiltración por nivel freático	56
7.1.3.2	SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS FRECUENTES.....	56
7.1.3.2.1	Fisuras en muros y piso:	56
7.1.3.2.2	Hormigueros en muros y piso	61
7.1.3.2.3	Mal tratamiento de juntas:	63
7.1.3.2.5	Pase muros (sellos):.....	68
7.1.3.2.6	Ausencia de material impermeabilizante:	68
7.1.3.2.7	Infiltración por nivel freático:	69
7.1.4	Glosario.....	71
8	Conclusiones.....	74
9	Recomendaciones.....	75
	BIBLIOGRAFÍA	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ausencia del tema de impermeabilización en las instituciones de educación superior.....	23
Tabla 2. Dispersión de información en el tema de impermeabilización.	24
Tabla 3. Carencia de material bibliográfico en el tema de impermeabilización.....	24
Tabla 4. Desconocimiento en el tema de impermeabilización.	25
Tabla 5. Daños estructurales.	25
Tabla 6. NSR-10 Tabla C.4.2.1 – categorías y clases de exposición	31
Tabla 7. NSR-10 Tabla 4.3.1 – requisitos para el concreto según la clase de exposición	32
Tabla 8. Instructiva para facilitar la determinación del sistema de impermeabilización a utilizar.	49

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Foto 1. Tanque aéreo	29
Foto 2. Tanque semienterrado.....	29
Foto 3 Tanque subterráneo	29
Foto 4. Aplicación de masilla en junta.....	40
Foto 5. Aplicación de pañete en el interior de un tanque	41
Foto 6. Sello de pase muros mediante masilla.	43
Foto 7. Impermeabilización de tanque mediante membrana de PVC.	45
Foto 8. Impermeabilización de piscina con materiales epóxicos.....	45
Foto 9. Impermeabilización de tanque con materiales cementantes.	46
Foto 10. Impermeabilización de tanque con poliurea.....	46
Foto 11. Drenaje mediante la utilización de agregado o tipo francés.....	50
Foto 12. Impermeabilizante (SikaManto® 3 mm Aluminio)	51
Foto 13. Impermeabilizante Membranas pvc (Sarnafil G476-15).....	51
Foto 14. Fisuras en superficie de concreto	52
Foto 15. Hormigueros en muro de tanque.	53
Foto 16. Juntas presentes en la superficie de una piscina	54
Foto 17. Grietas presentes en superficie de muro de concreto	54
Foto 18. Superficie de tanque con ausencia de material impermeabilizante	55
Foto 19. Infiltración de agua por nivel freático	56
Foto 20. Fisuras en la superficie del concreto	56
Foto 21. Corrosión en superficie de concreto	57
Foto 22. Fisurómetro.....	57
Foto 23. Reparación de juntas mediante el uso de morteros.....	59
Foto 24. Aplicación de inyecciones de poliuretano.	59
Foto 25. Aplicación de inyecciones epoxicas.....	60
Foto 26. Aplicación de masilla	61
Foto 27. Abujardado en superficie de concreto	61
Foto 28. Material impermeabilizante Sikadur®-Combiflex®SG	64
Foto 29. Sello de junta en tanque mediante Sikadur®-Combiflex®SG.....	66
Foto 30. Infiltración de agua por nivel freático	70
Foto 31. Aplicación de inyecciones de poliuretano Sikafix HH.....	70

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Determinación ancho de la cinta.....	35
Figura 2 Cinta de PVC con bulbo.....	36
Figura 3. Cinta de PVC sin bulbo.....	36
Figura 4. Cinta de PVC asegurada mediante alambres.....	37
Figura 5. Empalmes en cinta de PVC.....	38
Figura 6. Vista en corte cinta de PVC y sello de junta mediante masilla.	39
Figura 7. Elaboración de mediacaña	42
Figura 8. Sello de pase muros	55
Figura 9. Aplicación de Sikadur®-Combiflex®SG y sello de junta mediante masilla.	64

INTRODUCCIÓN

Las edificaciones requieren de una impermeabilización para ser protegidas de acciones naturales y antrópicas, resguardando sus propiedades mecánicas (resistencia, deformabilidad, ductilidad), haciendo uso de productos y tecnologías apropiadas para garantizar condiciones de estabilidad, con estos procesos se garantiza que la resistencia y duración no van a disminuir si no que se va mantener constantes.

En este proyecto se realizó un manual cuyo fin es describir la construcción y la reparación en tanques en relación a las buenas prácticas constructivas para la impermeabilización de estructuras estancas o tanques.

La metodología que se desarrolló para la construcción del manual se fundamentó en dos partes; las cuales son construcción y reparación, la primera trata sobre una serie de parámetros como lo son el tratamiento de juntas, pase muros, y sistemas de impermeabilización con la utilización de ciertos productos impermeabilizantes y la reparación consiste en puntualizar los problemas frecuentes en los tanques, a los cuales se le hacen un diagnóstico, una evaluación y posteriormente se da la solución. Este manual busca generar en el lector criterios para la ejecución de un adecuado procedimiento constructivo, que satisfaga los requerimientos de la estructura que en este caso es la impermeabilidad en tanques.

Este proyecto contribuye al desarrollo socio-económico del país y a la calidad de vida de las personas, teniendo una empatía con la habitabilidad y durabilidad, mediante la generación, divulgación y aplicación sobre el uso de la impermeabilización. Se implementó los productos más adecuados para este proceso teniendo en cuenta sus componentes y características para hacer uso de métodos sistematizados. Con este proceso de alternativa se pretende disminuir la vulnerabilidad estructural, teniendo en cuenta técnicas constructivas y requisitos mínimos exigidos por el código Colombiano.

GENERALIDADES

Nombre del proyecto

Diseño preliminar de impermeabilización en edificaciones para el futuro desarrollo de un manual técnico

Línea de investigación.

Estructuras.

Sub línea de investigación

Materiales para obras civiles.

Semillero:

Estructuras con tecnología apropiada para el desarrollo de la infraestructura física regional sostenible y la calidad de vida

Nombre de los Investigadores

Iván Camilo Tique Garzón
Néstor Fabián Gaitán Peña
Edisson Alfredo Barriga Quintero

Nombre de los Asesores

Ing. Elver Cuellar Pinzón.
Lic. Bibiana Carolina Gómez Salgado.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al deterioro constante en las edificaciones producido por la falta de conocimiento en temas de impermeabilización en edificaciones, ausencia del tema en las instituciones de educación superior, dispersión de la información, carencia de material bibliográfico, se tiene la dificultad de conseguir información con respecto al debido proceso para la realización de una adecuada impermeabilización; además las personas que tienen conocimiento en el tema han obtenido sus conocimientos de forma empírica, sin embargo no son muchas las personas que manejan este tema, por tal razón se observa la problemática en humedades, filtraciones, descascaramiento, eflorescencias entre otros; causando daños estructurales y diversas problemáticas en la edificación, teniendo como consecuencias específicas: la corrosión en aceros de refuerzo, envejecimiento prematuro del concreto por exposición inadecuada al ambiente, contaminación en plantas de potabilización, debilitamiento en la cimentación de las estructuras, daños en acabados y afectaciones en la salud por empozamientos y salida de aguas negras.

Por tal motivo y en consecuencia a la dificultad de falta de información es necesario la creación de un manual técnico en impermeabilización de edificaciones que recopile la información necesaria para evaluar y evitar los diferentes problemas presentados en las construcciones como consecuencia del mal proceso en el área de impermeabilización en edificaciones y de esta manera analizar y proponer diferentes procesos preventivos y correctivos a seguir.

Con la creación del manual se busca ampliar los conocimientos respecto al tema de impermeabilización de edificaciones, debido a la segregación de información y el poco interés por parte de las instituciones de educación superior, las empresas privadas y todos aquellos relacionados con en el sector de la construcción y la notable necesidad respecto al tema ya que los problemas asociados al mismo conllevan a muy altos costos de reparación y repercusiones a largo y corto plazo en las edificaciones. Y solventar las dificultades que hay respecto a este tema.

Por tanto la pregunta de investigación fue:

¿Cómo realizar el diseño de un manual de impermeabilización en tanques para suplir la ausencia de material bibliográfico, el desconocimiento general, la dispersión de información y la carencia del tema de impermeabilización en edificaciones en la ingeniería civil y en el medio de la construcción?

2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del manual de impermeabilización de edificaciones tiene varios puntos a favor para su realización a causa de la necesidad muy marcada en el mercado laboral, académico y empresarial, debido a la ausencia de documentos que manejen el tema y a su vez este sería el primer documento de Colombia que recopile información sobre la impermeabilización en edificaciones.

Este proyecto se realizó porque se recopiló información sobre la impermeabilización en edificaciones, teniendo una investigación cualitativa y descriptiva y de esta manera se proponen alternativas que prevengan y solucionen toda patología causada por un mal proceso constructivo en la impermeabilización de edificaciones; se identificó el objeto primario, el cual genera los daños, ya sea en tanques, cubiertas, sótanos, entre otros.

La finalidad del manual es servir a todas aquellas personas, especialmente las que están relacionadas con el sector de la construcción y para que las estructuras tengan una adecuada impermeabilización, evitando así la filtración de agua por fisuras o grietas, hormigueros, manchas, corrosión; dándose de esta forma buenas prácticas constructivas. Se sabe que la durabilidad de un concreto depende de tener una baja permeabilidad o ser impermeable y así no afecte sus propiedades físicas y mecánicas.

Como consecuencia de la investigación y del diseño del manual técnico de impermeabilización en edificaciones, se ayuda al trabajador del sector de la construcción a analizar los problemas en edificaciones respecto al tema de impermeabilización y de esta manera guiarlo a las posibles soluciones de dicho problema.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual técnico de impermeabilizaciones en tanques, especificando paso a paso, con la recolección de información de expertos y empresas ligadas a la impermeabilización.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los procesos constructivos de reparación para la solución de afectaciones en tanques, por medio de un manual de impermeabilización.
- Describir por medio del manual los impactos generados en las estructuras por los procesos errados o erróneos en construcción.
- Elaborar lineamientos preventivos y correctivos para procesos adecuados en la construcción de tanques.

4 ANTECEDENTES

El desarrollo de nuevas tecnologías en la construcción en los últimos años ha dado un impulso en la construcción de edificaciones más sofisticadas y a su vez el nivel de exigencia en los requerimientos de estas mismas, como ejemplo de las nuevas exigencias en el campo de la construcción y en relación a nuestro problema de investigación tomamos el trabajo de “investigación (*recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas*) realizado por Luis Andrés Rivera Castro de la Universidad De Chile”¹. Facultad De Ingeniería Civil, el cual expone en su trabajo una serie de consejos basados en los requerimientos propios de su país, resaltando la importancia de la prevención y la solución de humedades por condensación, el cual ha conllevado a problemas en las edificaciones y problemas de salud por producción de microorganismos y hongos.

Como otro antecedente de investigación sobre las nuevas tecnologías para la construcción se toma como referencia las investigaciones realizadas por la multinacional SIKA S.A, de la cual se toma como referencia varias de sus publicaciones como lo son: “Sika Informaciones Técnicas-Construcción De Estructuras Impermeables Y Estancas, Guía De Soluciones Sika 2014”², “Sikaproof A Sistema De Impermeabilización Con Membrana Flexible”³ y “Sistemas Sika Para Cubiertas Livianas Sikaplan”⁴, entre otras; éstas publicaciones brindan en un contexto general algunos de los nuevos materiales para la construcción y su respectivo método de uso. Esta empresa llega a esta información usando un personal calificado con conocimientos en el área, haciendo sus estudios en diferentes partes del mundo, además de innovar con sus productos, solucionando los problemas principales como la humedad y la afectación por el deterioro de las estructuras. Todos estos estudios tienen como meta u objetivo, la prevención y reparación pronta en una estructura, asegurando su durabilidad y sus propiedades mecánicas; llegando a la conclusión de que hay

¹ RIVERA CASTRO, Luis Andrés: recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas, SANTIAGO DE CHILE, 2012,142p, Trabajo de grado (Ingeniería civil).Universidad de Chile. Facultad de Ciencias y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil

² SIKA. Construcción de Estructuras Impermeables y ESTANCA. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A; 2009.31p.ISSN-0122-0594.

³ SIKA. Sistema de Impermeabilización con Membrana Flexible. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A; 2013.19p.

⁴ SIKA. Sistema Sika para Cubiertas Livianas. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A; 2010.13p.

materiales y productos específicos según sus características y propiedades para cada problema de humedad, filtración, deterioro, etc.; con una prevención en la ejecución inicial de los trabajos donde se tiene un menor gasto económico que en una reparación.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

Debido a la segregación de información respecto a temas de impermeabilización de edificaciones se toma como apoyo teórico las publicaciones como revistas, normas, artículos y cartillas realizadas por empresas privadas, instituciones públicas o asociaciones. Las teorías relacionadas con el actual problema de investigación son las siguientes:

En la construcción de “estructuras impermeables se investigó sobre estructuras estancadas, tratamiento de juntas en tanques, haciendo uso de concreto impermeable y recubrimientos impermeables principalmente en tanques”⁵. En esta investigación se tuvo en cuenta las características del concreto.

Las humedades en edificaciones se pueden ver que son generadas por el nivel freático, por condensación, filtración, entre otros; lo anterior sucede por el desconocimiento de estos fenómenos, al no implementar un sistema de prevención, se ve en la obligación de realizar una reparación para remediar dichos problemas; pero al no hacerse en el menor tiempo posible, el problema aumenta llegando a afectar la salud de los habitantes.

Con respecto a las “recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas se ha estudiado la condensación, factor por el cual se crean humedades en edificaciones, afectando a las viviendas y a la salud de las personas que la habitan o frecuentan”⁶; pero para contrarrestarles se hace uso de materiales impermeabilizantes.

⁵ SIKA. Construcción de Estructuras Impermeables y ESTANCA. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A ; 2009.31p.ISSN-0122-0594

⁶ RIVERA CASTRO. Luis Andrés: recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas, SANTIAGO DE CHILE, 2012,142p, Trabajo de grado (Ingeniería civil).Universidad de Chile. Facultad de Ciencias y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.

Se desconoce también en mayor parte, las normas y requisitos que se tienen para de una mezcla de concreto estructural, ejecutando un mal proceso constructivo generando hormigueros en el concreto que permiten la filtración y el deterioro del acero de refuerzo y de dicho concreto, causando una disminución en sus propiedades mecánicas de la estructura (debilitándola), llegando a la falla y posteriormente a un colapso, para estructuras hidráulicas se desconoce mucho más el concreto impermeable, siendo este más efectivo que el concreto normal.

En los materiales impermeabilizantes no se tiene el mayor conocimiento sobre cuál debería ser el apropiado para usar en caso de problemas de humedad, filtración, etc., por el desconocimiento de las características y propiedades del material; llegando al punto de utilizar cualquier material, producto o el recomendado por el vecino, teniendo en muchas ocasiones un efecto adverso al que se quiere llegar, ocasionando altos costos económicos.

En base a los “sistemas de impermeabilización con membrana flexibles, se hace uso de productos como membranas adhesivas, membranas adhesivas impermeables”⁷, describiéndose el sistema de aplicación de dichos productos con sus respectivas características.

En relación a la “impermeabilización en cubiertas livianas, se trabajó la impermeabilización con membranas termo soldadas con su respectivo sistema de aplicación, describiendo sus características para cada problema”⁸.

Estas teorías impactarán de forma positiva, ya que hace ver y entender la realidad sobre la afectación de la humedad, filtración, condensación; ayudando a contrarrestar todos estos problemas que tienen las edificación por medio de los aportes de las investigaciones ya realizadas, llegando a un conocimiento más amplio, profundo y a unos resultados efectivos y veraz permitiendo la fácil comprensión de cualquier persona que esté en el campo de la construcción.

⁷ SIKA. Sistema de Impermeabilización con Membrana Flexible. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A; 2013.19p.

⁸ SIKA. Sistema Sika para Cubiertas Livianas. En SIKA Informaciones Técnicas. Bogotá Sika Colombia S.A ; 2010.13p.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

En el campo de la construcción, en un alto porcentaje, existe la falta de conocimiento sobre la impermeabilización que es la protección contra los efectos de agentes externos relacionados al agua, los cuales pueden causar daños a una edificación. Se debe considerar a la impermeabilización como un ítem importante que se relaciona con la vida útil y el confort de la edificación y en Colombia no ha sido un tema que se esté trabajando fuertemente, para lo cual se tendrán conceptos claves.

En las edificaciones las Humedades son patologías relacionadas con las afectaciones producidas por el agua y la exposición al ambiente, se presenta en todo tipo de construcción, teniendo repercusiones estructurales, estéticas y para la salud, sus características principales son la filtración de agua la cual está correlacionada con la permeabilidad, daños estructurales, ausencia de material impermeable, y características propias de cada material.

En este proyecto que se basa en la creación de un manual se trabajó el capítulo de tanques de almacenamiento que son estructuras de diversos materiales, usados para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión ambiente. En el trabajo de investigación se le dará mayor importancia a los tanques de almacenamiento de agua potable, siendo un elemento constructivo importante que protege al líquido más preciado. Los muros suponen algo más que un cerramiento para el tanque, ya que son una barrera que evita toda acción del exterior al interior o viceversa.

Sin embargo se tendrá en cuenta una estructura que ha sido afectada también por el agua como lo son los muros pantalla que constituyen un tipo de cimentación profunda muy usada en edificios de altura, que actúa como un muro de contención y brinda muchas ventajas por ahorro de costes y mayor desarrollo en superficies.

Para hacer la impermeabilización se necesitara de varios productos impermeabilizantes como lo es la Cinta, siendo esta una tira plástica o de caucho que tiene propiedades de resistencia al fuego y al agua. Terminado el proceso de construcción se debe de hacer el curado en la estructura que es el proceso de humedecer el concreto para optimizar su adherencia entre la pasta y agregados;

garantizando su protección para que no vayan a ver fisuras, las cuales son espaciamientos en los elementos estructurales, ya que los esfuerzos actuantes superan a los resistentes, pero si el espaciamiento atraviesa el espesor se habla de una grieta.

En la construcción se hacen juntas, siendo separaciones entre elementos estructurales, causada por el diseño o la construcción; por esta separación se puede producir filtración que es el acceso o salida del agua no deseada, pudiendo estar contaminada; uno de los métodos es aplicar masilla que es una pasta con propiedades químicas e impermeabilizantes para rellenar agujeros, fisuras o separaciones.

En los muros del tanque se le hacen los pase muros que son orificios, permitiendo la y salida de las tuberías, ya sea para el llenado o vaciado del tanque. En las esquinas de los tanques es propicio hacer media caña que es un recubrimiento semicircular, se hace tanto en los vértices verticales como horizontales. En los tanques también se debe tener en cuenta la retracción, siendo la reducción en el volumen del tanque durante el proceso de endurecimiento y secado; por este motivo se pueden diferentes problemas.

5.3 MARCO JURÍDICO

Durante nuestro trabajo de investigación se ha evidenciado varias regulaciones que influyen determinante mente el problema tratado; las filtraciones y humedades son el principal problema que surgen de nuestros procesos de ejecución en obra; por tal motivo en nuestra sociedad requerimos de varias leyes las cuales nos rigen y nos orientan a un buen uso de nuestros materiales y un óptimo desempeño de nuestros procesos.

En Colombia debemos regirnos para la ejecución de los procesos de diseño y construcción por la norma sismo resistente de 2010 (NSR-10); por lo cual citaremos algunos de los artículos más importantes y relevantes para nuestro problema a tratar:

El capítulo C de la norma nos habla del concreto estructural, su buen manejo y los detalles a tener presentes para evitar los problemas después de la construcción; lo siguiente son algunos de los artículos más relevantes que trataremos en nuestra investigación:

“Las filtraciones se deben controlar para minimizar la contaminación del agua freática y del medioambiente, para minimizar la pérdida de productos e infiltración y para mejorar la durabilidad”⁹

“Las estructuras de ingeniería ambiental para contener, permitir el flujo, y tratar el agua potable y residual, y los desechos sólidos, deben diseñarse para que sean impermeables, con un mínimo de filtraciones bajo condiciones normales de servicio”¹⁰

“La impermeabilidad del concreto aumenta en la medida que el concreto utilizado tenga relaciones agua-material cementante lo más bajas posibles que permitan una trabajabilidad adecuada y una buena compactación”¹¹

Nuestro trabajo de investigación se basa en el “código del American Concrete Institute (ACI) Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) (Versión en español y en sistema métrico)”¹². Es un Estándar del ACI, Producido por el Comité ACI 318 y de Causas, Evaluación y

⁹NORMA SISMO RESISTENTE DE 2010 (NSR-10). Título C-Concreto Estructural: Capítulo C.23-Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto. Bogotá: 2010. p. 420.

¹⁰ibíd. pág. 421.

¹¹ Ibíd. pág. 426.

¹² ACI. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)

Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón (ACI 224.1R-93); Informado por el Comité ACI 224 los cuales rigen al problema de investigación, directamente y del cual se analizará para la ejecución del manual.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto tuvo un enfoque cualitativo, ya que se describió y se resalto las propiedades cualitativas de los productos a utilizar en el manual de impermeabilización debido a que no en todos los problemas por filtración en las estructuras se hace uso de los mismos productos, mencionando así que productos son mejores en tales casos, para ello se tuvo ayuda de la información, por medio de las revistas que nos brindó la empresa de Sika.

En el proyecto se tuvo técnicas como la observación, entrevistas, discusión grupal, revisión de la información y evaluación de diferentes hechos relacionados con la falta de impermeabilización para luego establecer conclusiones o ideas de las remediaciones que se deben de hacer, con esto logramos que el proyecto tenga fundamentos, probándose con diferentes materiales para la impermeabilización; en donde se utilizó instrumentos como cámaras, computadores, cuadros, gráficos, notas de apunte o cuadernos, revistas, guías, entre otras.

Este proyecto no va a comprobar hipótesis, va describir una problemática que afecta tanto a las estructuras como a la sociedad, donde se recopiló la información sin ningún método o medición cuantitativa, haciendo uso de las técnicas e instrumentos ya mencionados; describiendo esta información en el manual de impermeabilización, llegando a una reconstrucción de toda aquella información que se encuentra dispersa, dándose una expansión y divulgación a la comunidad académica y constructiva.

6.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación realizado es descriptiva (investigación descriptiva), detallando paso a paso el proceso que se debe tener antes, durante y después de un proceso constructivo, utilizando los productos más recomendables y apropiados para beneficiar a la estructura en la permeabilización, evitando ser afectada por la humedad o filtración; protegiendo así sus propiedades mecánicas, siendo agradable para las personas que lo habitan o frecuentan, sin tener riesgos a enfermedades debido a la humedad, dando un menor costo económico en un futuro.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizó instrumentos como páginas web, guías, revistas que fue información suministrada por una empresa del medio de la impermeabilización (Sika), notas de apunte, para luego describir como se presentan los fenómenos de humedad o filtración, especificando las características de cuando podemos saber que hay presencia de dicho fenómeno, dando también propiedades de los productos más recomendables a utilizar.

En este proyecto, a futuro se evaluara diferentes tipos de estructuras como lo son: fachadas, cubiertas, sótanos, piscinas, entre otros; en donde se hará un estudio descriptivo; es decir, midiendo los impactos que generan aquellos fenómenos como lo son la humedad y filtración, a causa de una falta impermeabilización; evaluándose independientemente uno de los otros, obteniendo resultados para la descripción de los problemas en las diferentes estructuras; además, se recopilará información de diferentes fuentes para la generación del manual.

6.3 FASES Y ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Fase 1
Identificación de los procesos constructivos de reparación para dar soluciones en los tanques a través de un manual de impermeabilización.
Actividades
<ol style="list-style-type: none">1. Realizar una investigación de campo sobre las diferentes afectaciones producidas en tanques en relación a la impermeabilización del concreto; ya sean tanques aéreos o en superficie.2. Realizar consultas en los diferentes tipos de material bibliográfico y páginas web, que tengan relación con el tema de impermeabilización de edificaciones.3. Tomar evidencias fotográficas de las diferentes patologías presentes en tanques y así poder identificar el proceso para la debida reparación.
Fase 2
Descripción en el manual sobre los impactos generados en las estructuras por la implementación de procesos erróneos.
Actividades
<ol style="list-style-type: none">1. Recopilar información mediante entrevistas a profesionales expertos en el tema de impermeabilización de edificaciones.2. Efectuar un análisis de la información recolectada en la fase 1 en relación a la impermeabilización en tanque para la posterior descripción y desarrollo del manual.
Fase 3
Elaboración de los lineamientos preventivos y correctivos con sus procesos adecuados, plasmándose en el manual.
Actividades
<ol style="list-style-type: none">1. Redactar de forma técnica y de fácil comprensión el manual técnico de impermeabilización de edificaciones enfocado en tanques.2. Realización de trabajos de diseño gráfico o tipográfico para la impresión física del manual técnico de impermeabilización de edificaciones.

6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas serán: observación, discusión grupal, evaluación, revisión de la información.

Los instrumentos van a ser: cámaras, notas de apunte o cuadernos computadores, cuadros, gráficos, notas de apunte o cuadernos, revistas, guías, etc.

La sigla VI significa variable independiente y la sigla VD significa variable dependiente.

V.I. (1) Ausencia del tema de impermeabilización en las instituciones de educación superior.

V.I. (2) Dispersión de información en el tema de impermeabilización.

V.I.(3) Carencia de material bibliográfico en el tema de impermeabilización.

V.D. (1) Desconocimiento en el tema de impermeabilización.

V.D. (2) Daños estructurales.

En el siguiente proceso se ramificaran las variables, siendo estas la definición nominal que contara con un porcentaje del 100. A cada ramificación se le otorgara un valor, dándole un peso y entendiendo el porqué de la situación de la variable.

➤ Definición nominal:

Tabla 1. Ausencia del tema de impermeabilización en las instituciones de educación superior.

Definición operacional (100%):

Dimensiones Indicadores Índices

Malla curricular (50%)	No se necesita este tema.	10 %
	No hay una evaluación.	15 %
	No tiene que ver con la carrera.	10 %
	Mal estructurada.	15 %

Hoja de vida de los profesores (50%)	Cargos que han desempeñado.	10 %
	Experiencia en obra.	15 %
	Investigaciones sobre el tema.	15 %
	Revisión de información.	10 %

➤ Definición nominal:

Tabla 2. Dispersión de información en el tema de impermeabilización.

Definición operacional (100%):

Dimensiones Indicadores Índices

Discusión grupal (50%)	Personal idóneo.	15%
	Temas tratados.	12%
	Experiencia en campo.	15%
	Nivel académico.	8%
Revisión de la información (50%).	Revistas.	14%
	Páginas web.	11%
	Libros.	12%
	Artículos.	13%

➤ Definición nominal:

Tabla 3 Carencia de material bibliográfico en el tema de impermeabilización.

Definición operacional (100%):

Dimensiones Indicadores Índices

Instituciones de educación superior. (50%)	Inclusión.	10%
	Desinterés.	13%
	Poca información.	7%
	Desconocimiento.	5%
	Misión.	8%
	Visión.	7%

Empresas de construcción (50%).	Personal idóneo.	12%
	Inducciones.	10%
	Capacitaciones.	11%
	Ideologías.	9%
	Objetivos.	8%

➤ Definición nominal:

Tabla 4. Desconocimiento en el tema de impermeabilización.

Definición operacional (100%):

Dimensiones Indicadores Índices

Factor económico. (50%)	Interés.	15%
	Ingreso.	20%
	Gastos.	15%
Revisión de la información (50%).	Revistas.	13%
	Páginas web.	13%
	Libros.	12%
	Artículos.	12%

➤ Definición nominal:

Tabla 5. Daños estructurales.

Definición operacional (100%):

Dimensiones Indicadores Índices

Humedad (25%)	Proceso constructivo.	8%
	Nivel freático.	4%
	Imprevistos.	8%
	Zonas aledañas.	5%
Precipitación (25%)	Intensidad.	10%
	Ubicación.	9%
	Inundación.	6%
Filtración. (25%)	Grietas.	8%
	Fisuras.	7%
	Hormigueros.	7%
	Duración.	3%
Evaluación. (25%)	Impactos.	9%
	Casos.	7%
	Ejecuciones.	9%

7 RESULTADOS

El siguiente documento habla únicamente de impermeabilización en tanques en la parte de construcción y reparación. En la construcción se dice que se debe de tener un proceso determinado para la ejecución y así garantizar una durabilidad, eficacia y eficiencia en el tanque, siendo este totalmente impermeable; en el proceso está el diseño de mezcla, la geometría, la formaleta, el desmoldante, el vibrado, el curado, el pañete, las juntas, los pase muros, media caña, aplicación de cintas, masillas, membranas, materiales cementantes, materiales epóxicos y otros productos de impermeabilización; teniendo sistemas propicios para una adecuada impermeabilización en tanques.

En la reparación se dice que los problemas frecuentes son las fisuras en muros y pisos, hormigueros en muros y pisos, fallas en juntas, grietas, filtración en pase muros, ausencia de material impermeabilizante, infiltración por nivel freático; después de haber identificado todos estos problemas se procede a dar una solución, pero no sin antes haber tenido un diagnóstico y una evaluación; aunque también se habla del mantenimiento que se debe tener por cada reparación.

7.1 IMPERMEABILIZACIÓN DE TANQUES CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN



7.1.1 INTRODUCCIÓN

Las edificaciones requieren de una impermeabilización para ser protegidas de acciones naturales y antrópicas, resguardando sus propiedades mecánicas (resistencia, deformabilidad, ductilidad), haciendo uso de productos y tecnologías apropiadas para garantizar condiciones de estabilidad; con estos procesos se garantiza que la resistencia y duración no van a disminuir si no que se va mantener constantes.

Este manual se elaboró con el fin de describir la construcción y la reparación de tanques en relación a las buenas prácticas constructivas, para la impermeabilización de estructuras estancas o tanques.

La metodología desarrollada para la elaboración del manual se fundamenta en dos partes; las cuales son construcción y reparación, la primera trata sobre una serie de parámetros a seguir al momento de construir el tanque como lo son el tratamiento de juntas, pase muros, sistemas de impermeabilización entre otros; y la reparación consiste en puntualizar los problemas más frecuentes en los tanques en relación a la estanquidad y la impermeabilidad, a los cuales se le hacen un diagnóstico, una evaluación y posteriormente se da la solución.

Este manual busca generar en el lector criterios para la ejecución de un adecuado procedimiento constructivo, que satisfaga los requerimientos de la estructura que en este caso es la impermeabilidad y estanquidad en tanques.

Este manual busca contribuir al desarrollo socio-económico del país y a la calidad de vida de las personas, teniendo una empatía con la habitabilidad y durabilidad, mediante la generación, divulgación y aplicación sobre el uso de la impermeabilización. Se implementó los productos más adecuados para este proceso teniendo en cuenta sus componentes y características para hacer uso de métodos sistematizados. Con este proceso de alternativa se pretende disminuir la vulnerabilidad estructural, teniendo en cuenta técnicas constructivas y requisitos mínimos exigidos por el código colombiano.

TANQUES DE CONCRETO

Los tanques cumplen la función de almacenar fluidos, que en su mayoría sirven de almacenamiento de agua potable, para suplir las necesidades de un conjunto de personas o comunidad.

Los tanques de concreto suelen ser robustas y macizas debido a la función esencial que cumplen, sus características geométricas suelen ser muy variadas y se adecuan al entorno, más importante que la geometría y las dimensiones del mismo, para garantizar las propiedades de impermeabilidad y estanquidad es fundamental determinar si la estructura es de tipo aéreo, semienterrado o subterráneo.

Foto 1. Tanque aéreo



Foto 2. Tanque semienterrado



Foto 3 Tanque subterráneo



7.1.2 CONSTRUCCIÓN

A continuación se darán una serie de consideraciones basadas en una investigación de campo y recopilación de información en relación a tanques de almacenamiento. Pero no sin antes recordar las siguientes recomendaciones básicas a seguir en la construcción de un tanque:

1. Concreto de baja permeabilidad.
2. Tratamiento de juntas mediante la colocación de cinta PVC y/o similar.
3. Pañetar la superficie interior del tanque con mortero de baja permeabilidad.
4. Elaboración de media caña en los vértices horizontales y verticales
5. Sello de pase de muros
6. Colocación de recubrimiento impermeable de bajo espesor al interior del tanque.
7. En tanques enterrados o semienterrados se habrá de realizar si es necesario filtros y drenajes perimetrales en conjunto a una impermeabilización exterior, para el control y movimiento adecuado del agua proveniente del nivel freático.

7.1.2.1 CONCRETO.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CONCRETO EN ESTRUCTURAS ESTANCAS:

- I) Diseño de mezcla: el concreto presenta absorción de agua y permeabilidad debido a su porosidad, la cual se puede reducir mediante un adecuado diseño de mezcla.

El diseño de mezcla para estructuras estancas es un factor determinante para la disminución de la absorción y la permeabilidad del concreto, para ello se recomienda la utilización de aditivos (puzolanas reactivas, escoria de alto horno, ceniza volante o humo de sílice, reductores de retracción entre otros.) y una relación agua cemento baja.

Se habrá de tener en consideración los requisitos de durabilidad expuestos el reglamento de construcción sismo resistente NSR 10.

Tabla 6. NSR-10 Tabla C.4.2.1 – categorías y clases de exposición

Categoría	Severidad	Clase	Condición	
F Congelamiento y deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo, % en peso	Sulfato (SO ₄) disuelto en agua, ppm
	No aplicable	S0	SO ₄ < 0.10	SO ₄ < 150
	Moderada	S1	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1500 agua marina
	Severa	S2	0.20 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10000
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

Fuente: NSR 10-capitulo C.4

Requisitos de durabilidad para el concreto según el reglamento de construcción sismo resistente NSR 10, título C concreto estructural.

Tabla 7. NSR-10 Tabla 4.3.1 – requisitos para el concreto según la clase de exposición

Clase de Exposición	Rel. a/mc máx.±	f'c min. MPa	Requisitos mínimos adicionales			
			Contenido de aire			Límites en los cementantes
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.45	31	tabla C.4.4.1			N/A
F2	0.45	31	tabla C.4.4.1			N/A
F3	0.45	31	tabla C.4.4.1			tabla C.4.4.2
			Tipos de material cementante*			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1157	
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II ^{†‡}	IP(MS), IS(<70) (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V [‡]	IP(HS), IS(<70) (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V puzolanas o escoria [§]	IP(HS) y puzolanas o escoria [§] o IS(<70) (HS) y puzolanas o escoria [§]	HS y puzolanas o escoria [§]	No se permite
P0	N/A	17	Ninguna			
P1	0.50	28	Ninguna			
			Contenido máximo de iones de cloruro (Cl ⁻) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento		Requisitos relacionados	
			Concreto reforzado	Concreto Preesforzado		
C0	N/A	17	1.00	0.06	Ninguno	
C1	0.50	17	0.30	0.06		
C2	0.40	35	0.15	0.06	7.7.6, 18.16*	

*Se pueden permitir combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la tabla C.4.3.1 siempre que sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y deben cumplirse los criterios de C.4.5.1.

†Para exposición al agua marina, se permiten otros tipos de cemento pórtland con contenidos de hasta 10 por ciento de aluminato tricálcico (C₃A) si la relación a/mc no excede 0.40.

‡Se permiten otros tipos de cemento como el tipo III o tipo I en exposiciones clase S1 o S2 si el contenido de C₃A es menor al 8 ó 5 por ciento, respectivamente.

§La cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser menor a la cantidad ensayada según la NTC 3330 (ASTM C1012) y debe cumplir con los requisitos de C.4.5.1.

¶El contenido de iones cloruro solubles en agua provenientes de los ingredientes incluyendo el agua, agregados, materiales cementantes y aditivos de la mezcla de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM C1218M), a edades que van de 28 a 42 días

*Se deben cumplir los requisitos de C.7.7.5 véase C.18.16 para tendones de preesfuerzo no adheridos

‡Para concreto liviano véase C.4.1.2

Fuente: NSR 10-capítulo C.4

II) Construcción: en obra un factor muy importante son las buenas prácticas a la hora de fundir nuestros elementos de concreto, para esto tenga en cuenta las siguientes consideraciones.

- Geometría del elemento: se debe tener en cuenta los espesores y la relación superficie libre con el volumen.
- Formaleta: se recomienda el uso de formaleta metálica o tableros de aglomerados de madera impermeables porque representa un mejor acabado y proporciona una estabilidad mayor frente a otras.
- Desmoldantes: procure utilizar productos de formulación acuosa (Separol®N -Separol®) las cuales permiten una mejor adherencia de morteros y preferiblemente fabricados por empresas que den garantía de sus cualidades, no utilice desmoldantes tradicionales (acpm, gasolina, aceite, petróleo etc.) debido a que pueden causar daños en la formación de la masa de concreto e inconvenientes de adherencia de morteros.
- Vibrado: el vibrado es fundamental para la distribución del concreto, el cual se debe realizar por personal capacitado, ya que el mal vibrado puede causar una segregación entre la pasta de cemento y los agregados.
- Curado: se deberá realizar un adecuado curado para evitar o disminuir la aparición de fisuras, causados por las diferentes retracciones internas del concreto, para ello se tendrá en cuenta el tipo y la duración del curado, la temperatura, humedad, velocidad del viento y el sistema de curado (**Antisol®Blanco - Antisol®Blanco Pigmentado**).

7.1.2.2 JUNTAS.

7.1.2.2.1 Las juntas en tanques se requieren básicamente por dos razones:

- ❖ Por diseño: cuando se requiere controlar el agrietamiento de las estructuras debido a las retracciones internas producidas por diferentes factores, deformaciones plásticas, deformaciones por cargas y asentamientos diferenciales.
- ❖ Por proceso constructivo: En la construcción de estructuras de concreto se presentan juntas frías o de construcción debido a la separación ocasionada por la diferencia en tiempo de fraguado, ésta se produce por interrupciones en el vaciado continuo del concreto.

7.1.2.2.2 Recomendaciones para el tratamiento de juntas:

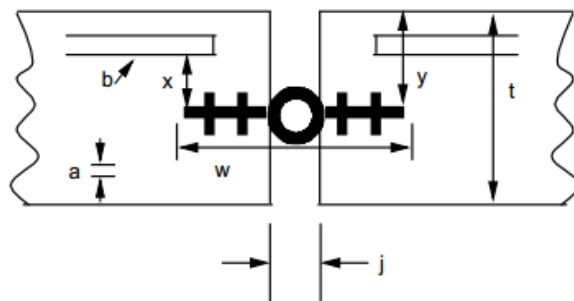
- Para disminuir la cantidad de juntas frías o de construcción y otorgar mayor estabilidad a la estructura se recomienda fundir la placa en conjunto a una sección de muro, procurando que ésta sección tenga una altura mayor o igual a 30cm
- Mantener un vaciado continuo de concreto, para mitigar la aparición de juntas frías o de construcción.
- Para el sello de las juntas se debe utilizar un sistema de impermeabilización que selle la junta en el interior y el exterior, para ello se recomienda el uso de:
 - Cinta **Sika PVC V-10 - V-15 - O-15** y **Sika®-Waterbar®** la cual se debe colocar embebida en medio de la junta y posteriormente sellada mediante una masilla elástica impermeable.
 - Tubo inyectable con válvulas integrales para el sellado de juntas de hormigonado en estructuras estancas (Sikafuko® VT 1).

7.1.2.2.3 Consideración para el sello de juntas mediante el sistema de impermeabilización de cinta de pvc.

El sistema de impermeabilización mediante la utilización de cinta de pvc es el más utilizado y conocido, por tal razón a continuación se darán algunas recomendaciones para su instalación y supervisión.

- ✓ **Determinación del ancho de la cinta:** la determinación del ancho de la cinta es fundamental porque de ésta dependerá el adecuado funcionamiento de la misma, tenga en consideración la siguiente imagen para su determinación:

Figura 1. Determinación ancho de la cinta



Determinación de w

- w no mayor que t
- w no menor que $6a+j$ y no menor que $\frac{1}{2}(w-j)$

Dónde:

a= tamaño máximo del agregado

b= varilla de refuerzo

x= distancia entre el acero de refuerzo y la cinta de pvc.

w= longitud total de la cinta de pvc.

y= distancia entre la cinta de pvc y la superficie.

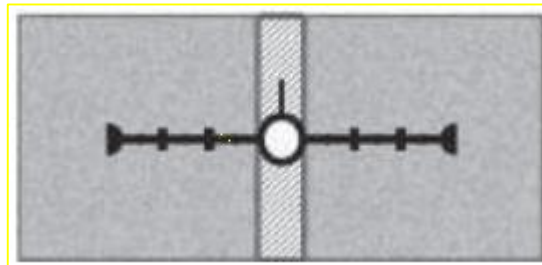
t= espesor de la placa

j= ancho de junta

✓ **Determinación del tipo de cinta de pvc:** para determinar el tipo de cinta de pvc a utilizar, se habrá de considerar si la junta estará expuesta a movimiento:

- I. Juntas con movimiento: las juntas que presenten movimiento deberán de utilizar cinta de PVC con vena y bulbo, porque el bulbo cumplirá con la función de brindar flexibilidad a la cinta de PVC evitando que esta pueda sufrir rupturas por el movimiento de la estructura.

Figura 2 Cinta de PVC con bulbo



- II. Juntas sin movimiento: las juntas que no presenten movimiento podrán utilizar cinta de PVC sin bulbo central, debido a que el bulbo no cumplirá ninguna función en esta.

Figura 3. *Cinta de PVC sin bulbo*

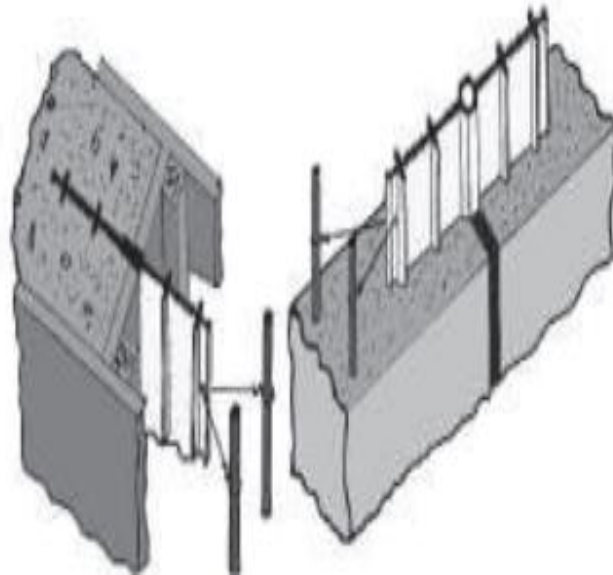


✓ **Aplicación de la cinta.**

- Colocar la cinta de forma perpendicular a la junta en la parte central de la sección.
- Fijar con alambre para evitar movimiento de la cinta al momento de fundir. El alambre debe sujetarse a la cinta mediante una argolla o similar.
- La cinta no debe ser perforada.
- Modificar la formaleta con el objetivo de que solo quede embebida la mitad de la sección de la cinta.

- Fundir primera sección de concreto, retirar la formaleta y fundir el elemento adyacente dejando embebida la otra mitad en el concreto.

Figura 4. **Cinta de PVC asegurada mediante alambres**



Asegurar la cinta con la ayuda de alambres

✓ **Pegas en cinta de PVC.**

Para el proceso de soldadura es importante consultar con el proveedor, puesto que el tipo de soldadura estará condicionada por las cualidades del material.

Para garantizar el buen desempeño de la cinta de PVC es fundamental verificar las soldaduras entre secciones de cinta; debido a que los empalmes, intersecciones o las soldaduras mal ejecutadas pueden generar puntos de filtración.

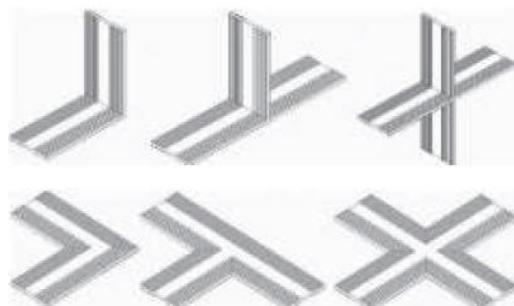
Tipos de pegas

"L" horizontal y vertical

"T" horizontal y vertical

"Cruz" horizontal y vertical

Figura 5. Empalmes en cinta de PVC.



Según la “hoja técnica de producto cinta Sika PVC”¹³ se deben tener las siguientes consideraciones para la supervisión de pegas en la cinta.

Los empalmes que se consideran inaceptables incluyen los siguientes detalles:

- Resistencia a tensión inferior al 80% en relación a la resistencia total de la cinta.
- Desalineación entre bulbos o venas superiores a 1,58 mm.
- Falla en la soldadura superficial superior a 1,58mm o 15% del espesor del perfil considerar la menor medida.
- Desalineaciones que reducen la sección transversal del perfil en más del 15%.
- Porosidades visibles en la soldadura.
- Burbujas o soldadura inadecuada.
- Separaciones visibles en el empalme cuando se dobla en ángulo agudo una vez se haya enfriado la soldadura.
- Material quemado o carbonizado.
- Traslapos

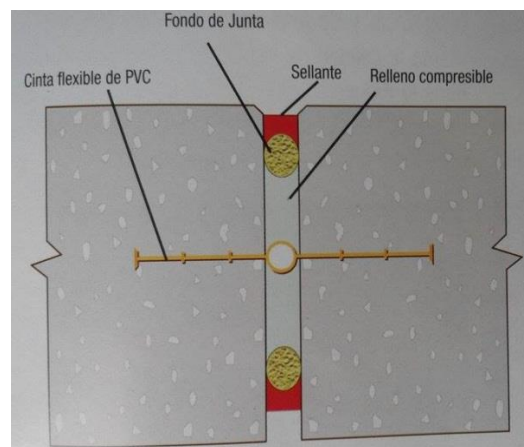
✓ **Aplicación de masillas para el sello de juntas:**

¹³ HOJA TECNICA DE PRODUCTO Cinta Sika®PVC. Pág. 584.

Posterior a la colocación de la cinta de PVC y de haber fundido el concreto, se realizará un sello en las juntas mediante el uso de masillas flexibles (**Sikaflex®-11 FC+ i- Sikaflex®PRO-3 - Sikaflex®-Construction+ i-cure - Sikaflex®-1A Plus i-cure - Sikasil®Pool**)

Tenga en cuenta que la determinación del tipo de masilla a utilizar; corresponderá al uso que se desea que esta cumpla, también se deberá consultar los tiempos de secado los cuales varían en relación al tipo de masilla. La masilla escogida deberá soportar inmersión permanente.

Figura 6. Vista en corte cinta de PVC y sello de junta mediante masilla.



La masilla se debe curar mínimo durante 6 días antes del llenado del tanque.

Procedimiento para la aplicación de masilla:

- I) Demarcación: se demarcaran e identificarán las juntas de construcción y de diseño en el interior del tanque
Se recomienda la demarcación mediante el uso de cinta para la realización de un trabajo más limpio y detallado.
- II) Alistamiento de superficie: se deberá secar y limpiar la superficie de polvo y otras sustancias que puedan afectar la adherencia de la masilla, también se habrá de verificar que la junta tenga el ancho y la profundidad necesaria para permitir que la masilla tenga una adecuada adherencia.
- III) Imprimación: en superficies expuestas a humedades continuas o superficies irregulares como el concreto se habrá de aplicar un imprimante químico cuya

función es permitir una adecuada adherencia entre la masilla y la superficie **(Sikadur®-32 Primer)**.

La aplicación del imprimante se realizara mediante la utilización de una brocha la cual tendrá que garantizar que el producto recubra internamente toda la junta.

Tenga en cuenta que se deberá consultar los tiempos de secado uso pues estos variaran en relación al tipo de imprimante a utilizar disminución de consumo de las masillas se recomienda utilizar un fondo de junta (SikaRod 1/4"- 3/8"- 5/8" - 7/8" - 1 1/4").

IV) Aplicación: la aplicación de la masilla se realizara mediante la utilización de cartuchos, para ello se recortara la boquilla diagonalmente y en relación al ancho de la junta, para una buena distribución de la masilla se utilizara espátulas las cuales garantizan que la masilla se distribuya adecuadamente.

Foto 4. Aplicación de masilla en junta



7.1.2.3 IMPLEMENTACIÓN DE PAÑETE CON BAJA PERMEABILIDAD

Posterior a la construcción del tanque y su respectivo tratamiento de juntas, será necesario pañetar la superficie interior del tanque con un mortero de baja permeabilidad.

Foto 5. Aplicación de pañete en el interior de un tanque



Los morteros de baja permeabilidad son generalmente morteros comunes a los cuales se les han añadido una serie de aditivos; **(Sika®-1)**, que disminuyen la contracción, fisuras, porosidad y mejoran la adherencia. Se puede fabricar un mortero 1:3 (cemento: arena) y mojarlo con aditivo látex para obtener mayor adherencia, resistencia e impermeabilidad.

7.1.2.4 ELABORACIÓN DE MEDIA CAÑA EN LOS VÉRTICES HORIZONTALES Y VERTICALES.

Los vértices internos de un tanque son propensos a presentar fallas y filtraciones debido a las deformaciones que sufre la estructura por asentamientos o simplemente aquellas causadas por las presiones internas al momento de llenar el tanque, por tal motivo en el interior del tanque se debe realizar la construcción de medias cañas mediante el uso de morteros de baja permeabilidad en los vértices tanto horizontales como verticales para recubrir y garantizar la disminución de posibles fallas.

Figura 7. Elaboración de mediacaña



7.1.2.5 PASE MUROS

En la entrada y salida de tuberías al tanque se suele presentar filtraciones debido a la pequeña separación producida entre la tubería y el concreto por la diferencia de materiales y del coeficiente elástico.

Para evitar cualquier tipo de filtración se recomienda realizar un sello entre la tubería y el concreto mediante la utilización de una masilla impermeable la cual se aplicara perimetralmente en la tubería

Se sugiere el uso de masillas que al entrar en contacto con el agua se expanden y logran un mejor sello (**Sika Swell S2**).

Imprimación: para obtener una adecuada adherencia entre la masilla, el concreto y la tubería se habrá de aplicar un imprimante químico (**Sikadur®-32 Primer**).

La aplicación del imprimante se realizara mediante la utilización de una brocha la cual tendrá que garantizar que el producto recubra el perímetro exterior del tubo.

Tenga en cuenta que se deberá consultar los tiempos de secado ya que estos variaran en relación al tipo de imprimante a utilizar y temperatura ambiente.

Foto 6. Sello de pase muros mediante masilla.



7.1.2.6 RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE DE BAJO ESPESOR.

La ausencia de material impermeabilizante o simplemente la mala selección del mismo es un factor muy determinante en relación a las filtraciones y humedades sufridas en las estructuras, por ende para determinar el tipo de material impermeabilizante para tanques tenga en consideración lo siguiente:

- Determine qué tipo de líquido (agua, gasolina, petróleo entre otros.) se almacena, debido a que sus componentes químicos no deben afectar las cualidades del material impermeabilizante.
- Evalúe si el material impermeabilizante estará expuesto a cambios bruscos por temperatura.
- Establezca para que fin se va hacer uso la estructura hidráulica; puesto que la durabilidad del material impermeabilizante se verá afectada por su tipo de uso (domestico, industrial, institucional, etc.).
- Tenga en consideración la relación beneficio/costo.
- Analice si el material impermeabilizante estará sometido a deformaciones pues él no prever dichas deformaciones podría causar fallas en el material por ruptura.

7.1.2.6.1 SISTEMAS Y PRODUCTOS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA TANQUES.

Independientemente del sistema de impermeabilización a seleccionar se debe tener en consideración que las cualidades como resistencia química y resistencia a altas temperaturas requerirá de una selección especial de materiales los cuales estarán condicionados a la oferta ofrecida por los fabricantes.

- Sistema de impermeabilización por membranas de PVC.

Consiste en un sistema en base de membranas de PVC plastificadas y reforzadas mediante fibras de poliéster de alta resistencia, diseñadas para el revestimiento e impermeabilización de tanques (**Sikaplan 12 NTR.- Sikaplan 12 NT**) Requiere de un equipo especial para su aplicación.

Foto 7. Impermeabilización de tanque mediante membrana de PVC.



- Impermeabilización con materiales epóxicos

Consiste en un recubrimiento epóxico tipo pintura diseñado para la protección e impermeabilización de superficies (**Sikaguard®-62 - Sikaguard®-63N**).

Foto 8. Impermeabilización de piscina con materiales epóxicos.



- Impermeabilización con materiales cementantes.

Consisten en morteros base cemento y algunos modificados con polímeros mejorados mediante resinas, utilizado como material de recubrimiento para la protección e impermeabilización de superficies de concreto y mortero (**Sika®-1 Mortero - Sika®-101 Mortero - SikaTop®-Seal-107 - SikaTop®-121 - SikaTop®-121 Monocomponente**) .

Foto 9. Impermeabilización de tanque con materiales cementantes.



- Impermeabilización con Poliurea.

Recubrimiento superficial diseñado como un sistema de membrana líquida para la protección e impermeabilización de superficies. Requiere de un equipo especial para su aplicación (**Sikalastic 841ST - SikaLastic 830**)

Foto 10. Impermeabilización de tanque con poliurea



7.1.2.6.2 FACTORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

- Costo: el valor del material y su aplicación variaran en relación al tipo de sistema y su complejidad de instalación, por ello se deberá de realizar un tabla de costo versus beneficio por que la eficiencia de los demás factores tendrán correlación al incremento del costo.

- Durabilidad: dependerá del tipo de sistema o producto a seleccionar, la determinación de este factor estará condicionada al uso y la importancia de la estructura a utilizar.
- Mantenimiento: al igual que la durabilidad, el mantenimiento estará condicionado al tipo de sistema de impermeabilización a seleccionar debido a que habrá sistemas de impermeabilización que requerirán un mantenimiento periódico, o hasta el cambio total del material impermeabilizante.
- Apto para agua potable: para tanques de almacenamiento de agua potable se tendrá que determinar si el sistema no afecta las cualidades del agua para el consumo humano; se tendrá que tener en consideración que el factor de mantenimiento tendrá una gran repercusión en la viabilidad del sistema ya que la adaptación de tanques para agua potable requieren de limpiezas esporádicas para la eliminación de agentes externos que afecten la calidad del agua.
- Deformación: en tanques que presenten deformaciones en su estructura, como consecuencias de asentamientos o debido a la estabilidad propia de la estructura es importante seleccionar sistemas de impermeabilización que se adapten a dichas deformaciones para evitar cualquier tipo de ruptura en el material impermeabilizante.
- Resistencia a cambios de temperatura: ante la necesidad de seleccionar sistemas de impermeabilización resistentes a cambios de temperatura, como tanques de servicio industrial, es muy importante seleccionar sistemas de impermeabilización cuyos materiales toleren deformaciones por cambios de temperatura y garanticen una buena durabilidad en relación a la resistencia térmica.
- Resistencia química: en tanques industriales que estén expuestos a agentes químicos que puedan afectar el sistema de impermeabilización, es muy importante determinar que el tipo de elementos químicos no afecten el material impermeabilizante, para ello se recomienda consultar con el proveedor del material, ya que existen ciertos elementos químicos que requerirán de materiales con cualidades especiales a las normales.

7.1.2.6.3 MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD EN RELACIÓN AL SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN PARA TANQUES

- Sistema de impermeabilización por membranas de PVC.

Mantenimiento: el sistema de impermeabilización por membranas PCV es ideal para tanques de almacenamiento de agua potable, ya que su mantenimiento se basara en la limpieza esporádica de la membrana mediante el uso de materiales y herramientas domesticas (escobas, traperos, cloro, jabón).

Durabilidad: el sistema de impermeabilización por membranas de PVC garantiza una durabilidad superior a 10 años, la durabilidad del sistema estará condicionada a las buenas prácticas en el mantenimiento.

- Impermeabilización con materiales epóxicos.

Mantenimiento: el sistema de impermeabilización por materiales epóxicos requerirá de una limpieza esporádica del material mediante el uso de materiales y herramientas domesticas (escobas, traperos, cloro, jabón), además el sistema solicitará de reparaciones en su superficie mediante recubrimientos extras del material epóxico.

Durabilidad: el sistema de impermeabilización por materiales epóxicos garantiza una durabilidad entre 5 años a 10 años, la durabilidad del sistema estará condicionada a las buenas prácticas en el mantenimiento.

- Impermeabilización con materiales cementantes.

Mantenimiento: el sistema de impermeabilización por materiales cementantes requerirá de una limpieza esporádica del material mediante el uso de materiales y herramientas domesticas (escobas, traperos, cloro, jabón), además el sistema solicitará de reparaciones en su superficie mediante recubrimientos extras del material cementante.

Durabilidad: el sistema de impermeabilización por materiales cementantes garantiza una durabilidad entre 5 años a 10 años, es muy importante considerar que este tipo de sistema no es apto para estructuras que presenten deformaciones, ya que los materiales cementantes tienen una resistencia muy

baja a las deformaciones producidas por tensiones en el material, lo cual tiene como consecuencia rupturas en el mismo, la durabilidad del sistema estará condicionada a las buenas prácticas en el mantenimiento

- Sistema de impermeabilización por Poliurea.

Mantenimiento: el sistema de impermeabilización por poliurea a igual que el sistema de impermeabilización por membranas de PVC es ideal para tanques de almacenamiento de agua potable, ya que su mantenimiento se basara en la limpieza esporádica de la membrana mediante el uso de materiales y herramientas domesticas (escobas, traperos, cloro, jabón).

Durabilidad: el sistema de impermeabilización por poliurea garantiza una durabilidad superior a 10 años, un factor determinante en su durabilidad será el espesor del material en la superficie, la durabilidad del sistema estará condicionada a las buenas prácticas en el mantenimiento.

Tabla 8. Instructiva para facilitar la determinación del sistema de impermeabilización a utilizar.

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	MEMBRANA DE PVC	MATERIALES EPÓXICOS	MATERIALES CEMENTANTES	POLIUREA
COSTO DEL MATERIAL	Alto	Medio	Bajo	Alto
RESISTENCIA A CAMBIOS DE TEMPERATURA	Buena	Buena	Buena	Buena
RESISTENCIA A ATAQUE QUÍMICO	Media	Buena	Media	Buena
RESISTENCIA A DEFORMACIONES	Buena	Media	Mala	Buena
DURABILIDAD	Excelente	Buena	Media	Excelente
REQUERIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Bajo	Medio	Alto	Bajo
APTO PARA AGUA POTABLE	Si	Si	Si	Si

7.1.2.7 Infiltración por nivel freático

Para prevenir la entrada de agua proveniente del terreno a tanques que se encuentren por debajo del nivel freático se recomienda:

Realización de filtros y drenajes perimetrales al tanque para el control y abatimiento del agua proveniente del nivel freático.

Foto 11. Drenaje mediante la utilización de agregado o tipo francés



Impermeabilización exterior: se deberá realizar una impermeabilización exterior al tanque la cual garantice que no se presente entrada de agua proveniente del nivel freático, para la impermeabilización exterior se recomiendan los siguientes sistemas de impermeabilización.

- Sistema de impermeabilización por materiales de origen bituminoso (**Igol®Imprimante - Igol®Denso**)

Foto 13. Impermeabilización mediante (Igol®Imprimante - Igol®Denso)



- Mantos asfálticos (**SikaManto® 3 mm Aluminio**)

Foto 12. Impermeabilizante (SikaManto® 3 mm Aluminio)



- Membranas pvc (**Sarnafil G476-15**).

Foto 13. Impermeabilizante Membranas pvc (Sarnafil G476-15).



7.1.3 REPARACIÓN.

7.1.3.1 PROBLEMAS FRECUENTES

Para la reparación de tanques se deberá realizar una serie de diagnósticos para obtener una evaluación y posteriormente su solución.

Es de gran importancia y de ayuda el indagar el proceso constructivo en la elaboración del tanque, de esta manera se facilitara el diagnostico a las diversas afectaciones que se puedan presentar.

Los tanques al ser estructuras hidráulicas suelen presentar varios problemas con relación a la impermeabilización, los cuales pueden traer consecuencias negativas con el tiempo como la corrosión en aceros de refuerzo, daños en cimentación, contaminación de agua potable, pérdida de agua y afectaciones a construcciones adyacentes por humedades entre otros.

A continuación se enumeran los problemas más frecuentes respecto a la impermeabilización en tanques.

7.1.3.1.1 Fisuras en muros y piso:

- Fisuras: son daños en la superficie de muros y pisos en concreto, los cuales hacen al elemento más permeable.
Sus orígenes suelen ser debido a un mal vibrado, mal curado, fallas con desmoldantes, retracción autógena o auto desecación, retracción térmica, mal vaciado de la mezcla de concreto y mal diseño de mezcla entre otros.

Foto 14. Fisuras en superficie de concreto



7.1.3.1.2 Hormigueros en muros y piso:

- Hormigueros: son daños en la superficie de muros y pisos en concreto, los cuales hacen al elemento más permeable.

Sus orígenes suelen ser debido a un mal vibrado, mal curado, fallas con desmoldantes, residuos de formaletas o inclusión de materiales ajenos a la masa de concreto, mal vaciado de la mezcla de concreto y mal diseño de mezcla entre otros.

Foto 15. Hormigueros en muro de tanque.



7.1.3.1.3 Fallas en juntas:

- Las juntas son separaciones inevitables en la fundición de elementos en concreto ya que factores como la retracción, expansión y movimientos en las estructuras hacen imposible no tenerlas en cuenta, estas pueden tener repercusiones altas debido a que representa una abertura pequeña en la cual se puede presentar salida o entrada de líquidos.

Foto 16. Juntas presentes en la superficie de una piscina



7.1.3.1.4 Grietas:

- Son afectaciones imprevistas que por lo general son producidas debido a daños de tipo estructural al igual que las juntas de diseño pueden tener repercusiones altas porque representa una abertura en la cual se puede presentar salida o entrada de líquidos.

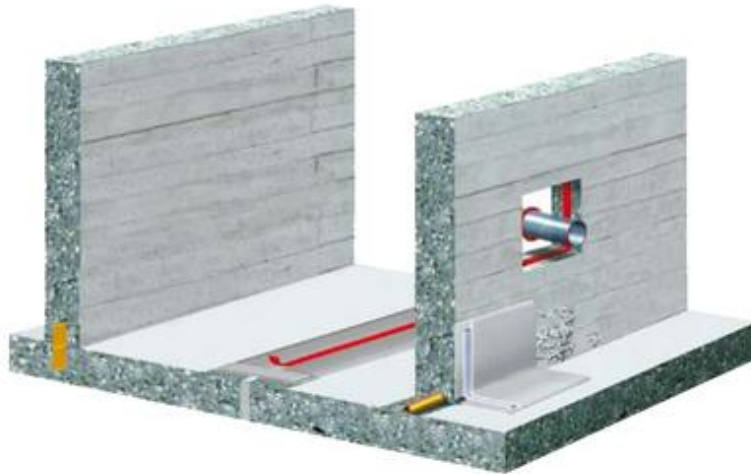
Foto 17. Grietas presentes en superficie de muro de concreto



7.1.3.1.5 Filtración en Pase muros (sellos):

- Al ser la entrada y salida de tubos al tanque presentan posibles filtraciones, si no se realizan de manera correcta.

Figura 8. Sello de pase muros



7.1.3.1.6 Ausencia de material impermeabilizante:

- Independientemente del tipo de tanque o de estructura hidráulica siempre se requerirá de un material impermeabilizante de bajo espesor pues el concreto, a pesar de sus cualidades individuales, siempre será un material poroso.

Foto 18. Superficie de tanque con ausencia de material impermeabilizante



7.1.3.1.7 Infiltración por nivel freático

En relación a la impermeabilización de tanques, es la entrada indeseada de agua en tanques que se encuentren por debajo del nivel freático.

Foto 19. Infiltración de agua por nivel freático



7.1.3.2 SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS FRECUENTES

Es muy importante que las reparaciones tengan la aprobación y acompañamiento de un ingeniero, ya que se podrían agravar las problemáticas estructurales del tanque si no se realizan de una manera idónea.

7.1.3.2.1 Fisuras en muros y piso:

Diagnóstico:

- a) Realizar una evaluación visual al interior del tanque en condiciones secas, procurando captar la presencia de manchas por corrosión en muros y piso.

Foto 20. Fisuras en la superficie del concreto



Foto 21. Corrosión en superficie de concreto



- b) Verificar estado de las fisuras y determinar si presentan movimiento, mediante la aplicación de testigos de yeso, vidrio o fisuómetros.

Foto 22. Fisómetro



Evaluación:

- a) Presencia de manchas por corrosión: el evidenciar manchas extensas en la superficie de muros o piso de tonalidades marrón a anaranjado evidencia la existencia de corrosión del acero de refuerzo.
- b) Fisuras con movimiento: el evidenciar la existencia de movimiento en fisuras, requerirá de sellarlas mediante materiales flexibles y descartara recubrimientos mediante materiales cementantes o plasto elásticos.

Solución:

a) Si hay ataque al acero de refuerzo:

- Se habrá de remover el concreto de la zona afectada hasta descubrir totalmente las barras afectadas
- Ya descubiertas las barras de acero, se habrá de realizar una limpieza en todo el contorno de la misma mediante cepillos de cerdas en acero hasta lograr la total eliminación de las manchas de corrosión. Si las barras han perdido más de $\frac{1}{4}$ de diámetro de espesor se deberán reemplazar
- Realizada la limpieza del acero de refuerzo, se aplicara un recubrimiento cementoso con polímeros e inhibidores de corrosión (**SikaTop®-Armatec 108 - SikaTop-Armatec®-110 EpoCem**).
- Verificado la adecuada limpieza y protección del acero de refuerzo se procederá a recuperar el material removido mediante el uso de un mortero de reparación estructural, el cual deberá poseer cualidades superiores a un concreto normal, y no debe tener retracción volumétrica. (**SikaTop®-122 - SikaTop®-122 Plus Monocomponente - SikaRepair 224**).

b) Tratamiento de fisuras:

Fisuras sin movimiento:

- Para la reparación de fisuras que no presenten deformaciones u movimientos se podrá realizar su reparación mediante el uso de morteros de reparación con base en polímeros acrílicos (**SikaTop®-122 - SikaTop®-122 Plus Monocomponente - SikaRepair 224**).
- La reparación de las fisuras mediante morteros de reparación se habrá de efectuar regatas sobre la fisura, para permitir que el material tenga una adecuada superficie de adherencia.
- Ancho y profundidad recomendada superior a 0.5 cm

Foto 23. Reparación de juntas mediante el uso de morteros.



- Para la reparación mediante sellantes a base de polímeros acrílicos se seguirán los mismos pasos a utilizar para el sello de fisuras con movimiento mediante el uso de masillas flexibles.
- En la reparación mediante la utilización de inyecciones de poliuretano es necesario que la superficie este humedad más no empozada, el procedimiento de instalación y el material variaran en relación al fabricante. Este tipo de reparación tiene la ventaja de que no requiere desocupar el tanque, y tienen por objeto principal impedir que haya filtración por la fisura **(SikaFix HH)**.

Foto 24. Aplicación de inyecciones de poliuretano.



- En la reparación mediante la utilización de inyecciones epoxicas es necesario que la superficie este seca, el procedimiento de instalación y el material variaran en relación al fabricante, estas reparaciones tienen por objeto restablecer el monolitismo del elemento de concreto **(Sikadur 35 HiMod LV)**.

Foto 25. Aplicación de inyecciones epoxicas



Fisuras con movimiento:

- Para la reparación de fisuras que presenten deformaciones u movimientos se puede realizar su reparación mediante el uso de materiales flexibles.
- Alistamiento de superficie: se deberá secar y limpiar la superficie de polvo y otras sustancias que puedan afectar la adherencia de la masilla, también se habrá de realizar una regata que abra la fisura para permitir que la masilla tenga una adecuada adherencia.

Acho y profundidad recomendada superior a 0.5 cm

- Imprimación: en superficies expuestas a humedades continuas o superficies irregulares como el concreto se habrá de aplicar un imprimante químico (**Sikadur®-32 Primer**). cuya función es permitir una adecuada adherencia entre la masilla y la superficie.

La aplicación del imprimante se realizara mediante la utilización de una brocha o pincel el cual tendrá que garantizar que el producto recubra los bordes de la fisura.

Tenga en cuenta que se deberá consultar los tiempos de secado, pues estos variaran en relación al tipo de imprimante a utilizar.

- Aplicación: la aplicación de masillas flexibles se realizara mediante la utilización de cartucho, para ello se recortara la boquilla diagonalmente y en relación al ancho de la fisura, para una buena distribución de la masilla se utilizara espátula la cual garantiza que la masilla se distribuya adecuadamente (**Sikaflex®-11 FC+ i- Sikaflex®-Construction+ i-cure - Sikaflex®-1A Plus i-cure**).

Foto 26. Aplicación de masilla



- Cuando la fisura es demasiado larga se puede utilizar cintas de poliolefina. (TPO) tipo **Sikadur®-Combiflex®SG**

7.1.3.2.2 Hormigueros en muros y piso

Diagnóstico:

- a) Realizar un abujardado superficial en los hormigueros para verificar el estado de los aceros de refuerzo y descartar o confirmar la presencia de objetos ajenos a la masa de concreto.

Foto 27. Abujardado en superficie de concreto



Evaluación:

- a) Si al realizar el abujardado en hormigueros se evidencia corrosión del acero de refuerzo o se observa materiales ajenos a la masa de concreto, evidencia que existió malas prácticas en la construcción y una ineficiencia de las cualidades del concreto.

Solución:

- a) Presencia de corrosión y materiales ajenos a la masa de concreto en hormigueros:

Identificar y demarcar los hormigueros presentes en la superficie del tanque.

- Se realizara un abujardado en los hormigueros para eliminar las impurezas y el remover material desprendido.
- Si al realizar el abujardado se observa manchas por corrosión se deberá eliminar la corrosión del acero de refuerzo siguiendo los pasos antes expuestos.
- Si las zonas afectadas por hormigueros son mínimas en relación al tamaño total de la superficie del tanque, se podrá recuperar la superficie mediante la utilización de morteros de reparación o concretos de recuperación estructural, en caso contrario si gran parte de la superficie está afectada se tendrá que resanar la superficie mediante morteros de reparación o concretos de recuperación y pañetar la totalidad de la superficie del tanque con un mortero de baja permeabilidad.

7.1.3.2.3 Mal tratamiento de juntas:

Diagnóstico:

- a) Realizar una evaluación visual al interior y exterior del tanque en condiciones secas, demarcar e identificar la totalidad de las juntas internas y observar si existen signos de humedad o corrosión en estas.

Evaluación

- a) El evidenciar humedad o corrosión en las juntas nos indica la existencia de filtraciones, lo cual señala la entrada o salida indeseada de agua.

Solución

- a) Las juntas que presentes manchas por corrosión, se habrá de eliminar la corrosión del acero de refuerzo siguiendo los pasos antes expuestos.
- b) Para la reparación de juntas se sugiere la utilización de materiales flexibles ya que las juntas que han presentado filtraciones o antecedentes de problemáticas suelen mostrar deformaciones, para la reparación de las juntas se tendrá que realizar su sello mediante el uso del sistema de cinta impermeable de **poliolefina (TPO)**, o en reparaciones pequeñas el sello mediante masillas flexibles.

Tratamiento juntas:

La reparación y sello de juntas mediante la utilización de masillas flexibles no otorgara la misma garantía que la utilización de la cinta de (TPO), **Sikadur®-Combiflex®SG** pero en reparaciones de baja dimensión el sello de juntas mediante masillas flexibles será suficiente.

En tanques a los cuales en su proceso constructivo no se les haya realizado un tratamiento de juntas mediante la utilización de la cinta de PVC o similares, se habrá de realizar su reparación con **poliolefina. (TPO), Sikadur®-Combiflex®SG**

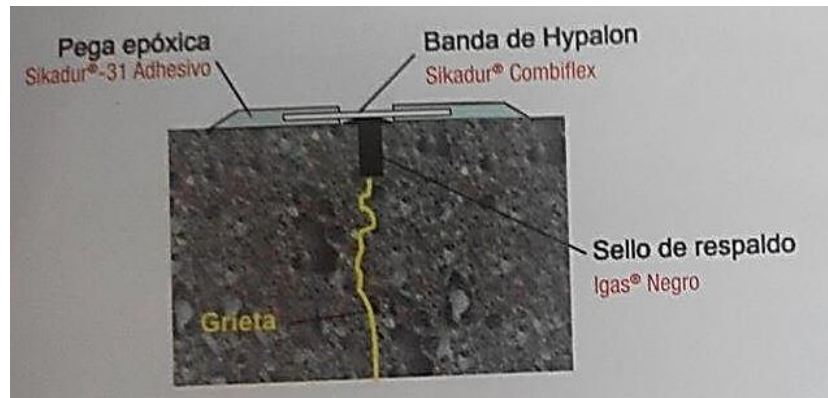
El sistema de sello mediante la utilización de cinta impermeable de **(TPO)** consta de una cinta impermeable de poliolefina **(TPO)** flexible con un adhesivo epóxico de alta adherencia.

Foto 28. Material impermeabilizante Sikadur®-Combiflex®SG



Recomendaciones para la instalación de cinta impermeable de poliolefina. (TPO), Sikadur®-Combiflex®SG

Figura 9. Aplicación de Sikadur®-Combiflex®SG y sello de junta mediante masilla.



- I. Antes de la instalación de la cinta impermeable se habrá de realizar el sello de las juntas al interior del tanque mediante el uso de masillas flexibles siguiendo las recomendaciones antes expuestas.
- II. **instalación de cinta impermeable de poliolefina. (TPO), Sikadur®-Combiflex®SG”.**

- **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:**

Soporte de concreto o mortero.

Realice una recuperación de la sección si existen huecos o fisuras en los bordes de la junta o grietas. Limpie la superficie de la junta en ambos lados (entre 5 a 9 cm a cada lado) La limpieza se debe hacer con sandblasting, pulidora de copa o Grata metálica.

Elimine grasa, aceite, óxido, cascarilla de laminación, agua de condensación y otros materiales extraños.

- **APLICACIÓN DE LA 1A. CAPA DE ADHESIVO EPÓXICO.**

Prepare el adhesivo epóxico vertiendo completamente el Componente B sobre el Componente A. Mezcle con taladro a bajas revoluciones o manualmente, hasta obtener una mezcla de color uniforme. Aplique el adhesivo epóxico con espátula de madera o de caucho en la zona del soporte delimitada por la cinta de enmascarar y con 1-2 mm de espesor. No aplique esta capa sobre la junta, grieta o fisura. Retire la cinta de enmascarar inmediatamente después.

- **COLOCACIÓN DE LA CINTA.**

Presione moderadamente la cinta de (TPO) con rodillo metálico o de caucho sobre el adhesivo epóxico en estado fresco, teniendo la precaución de que ésta quede tensa o con fuelle uniforme de acuerdo con el diseño de la junta.

- **APLICACIÓN 2A. CAPA DE ADHESIVO.**

Enmascare nuevamente con cinta y aplique otra capa de adhesivo epóxico de máximo 2 mm de espesor, una vez que la primera capa esté seca al tacto (aproximadamente 4 horas a 20°C).

- **PROTECCIÓN.**

Para proteger del ataque mecánico aplique una capa de Sikaflex-1a o de mortero sobre la cinta de Hypalon. Cuando el ataque sea muy fuerte se puede proteger la cinta con una lámina metálica.

- **UNIONES.**

Para hacer uniones de la cinta de (TPO) traslape como mínimo 3 cm. soldando con aire a 300°C. Consumo Adhesivo epóxico: aproximadamente 800 g/m lineal en las dos capas, en el espesor recomendado.

Foto 29. Sello de junta en tanque mediante Sikadur®-Combiflex®SG



7.1.3.2.4 Grietas:

Diagnóstico:

- a) Realizar una evaluación visual al interior y si se puede al exterior del tanque en condiciones secas, demarcar e identificar la totalidad de las grietas y observar si existen signos de humedad o corrosión en estas.

Foto 32. Grietas en superficie muro de concreto



NOTA: Las grietas al ser afectaciones de carácter estructural requerirán de estudios técnicos que determinen el estado estructural del tanque.

- b) Determinar si las grietas presentan movimiento, mediante la aplicación de testigos de yeso, vidrio o fisurómetros.

Evaluación

- a) Si existen afectaciones de carácter estructural indicara que existieron malas prácticas constructivas o errores en los diseños del tanque.
- b) El evidenciar humedad o corrosión en las grietas nos indica la existencia de filtraciones, lo cual señala la entrada o salida indeseada de agua.
- c) Si las grietas presenta movimiento se habrá de evaluar su comportamiento a nivel geotécnico y estructural para determinar si existe o existirán movimientos en la estructura que puedan generar la aparición o reaparición de grietas.

Solución

- a) Si las grietas presentes en el tanque son fallas que puedan afectar a la estructura del tanque se habrá de realizar primero la recuperación estructural según las indicaciones de un ingeniero.
- b) En las grietas que presenten manchas por corrosión se habrá de eliminar la corrosión del acero de refuerzo siguiendo los pasos antes expuestos en el ítem 7.1.3.2.1 fisuras en muro y piso. No se podrá realizar esta actividad si no cuenta con la aprobación de un ingeniero.
- c) Reparación de grietas: para la reparación de grietas se tendrá que haber descartado cualquier tipo de problemáticas estructural
- Grietas con movimiento: la reparación se realizara mediante la utilización del sistema de sello de cinta impermeable **poliolefina. (TPO), Sikadur®-Combiflex®SG** siguiendo las recomendaciones antes dichas.
 - Grietas sin movimiento: las grietas que no presenten deformaciones u movimientos se podrá reparar mediante el uso de materiales cementantes (morteros de reparación), plasto elásticos, sellantes a base de polímeros acrílicos e inyecciones epóxicas.

7.1.3.2.5 Pase muros (sellos):

Diagnóstico:

- a) Realizar una evaluación visual al interior y exterior del tanque en condiciones secas identificando la totalidad de las entradas y salidas de tuberías (pase muros) y observar si existen signos de humedad en estas.

Evaluación

- a) Si se observa humedad en las contornos de los pase muros, indicara una falla en el sello del pase muro o una ausencia del mismo.

Solución

- a) Falla de sello en pase muros: se tendrá que retirar el sello defectuoso y realizar un sello nuevo siguiendo las indicaciones antes dichas en el ítem 7.1.25 sello de pase muros para el sello de pase muros.
- b) Ausencia de sello en pase muros: si existe ausencia del sello en los pase muros, se habrá de realizar una dilatación de 1cm de ancho x 1cm de profundidad alrededor del tubo siguiendo las indicaciones antes dichas en el ítem 7.1.25 sello de pase muros.

7.1.3.2.6 Ausencia de material impermeabilizante:

Diagnóstico:

- a) Realizar una evaluación visual al interior del tanque en condiciones secas y verificar el estado o existencia de un recubrimiento impermeabilizante

Evaluación

- a) Si se observa corrosión, eflorescencias o cualquier tipo de daño en la superficie como desprendimiento de material pasando una moneda o llave en las paredes del tanque denotara que existe una falla o ausencia en el recubrimiento impermeabilizante.

Solución

- a) Para la determinación del sistema de impermeabilización tenga en consideración las recomendaciones antes dichas en el ítem 7.1.2.6 recubrimiento impermeabilizante de bajo espesor.
- b) Independientemente del sistema de impermeabilización a utilizar el tanque debe estar en condiciones óptimas, ya que el recubrimiento impermeable será el acabado final del tanque.

Si el recubrimiento impermeabilizante es epóxico se deberán respetar los tiempos de fraguado, si se realizaron actividades de reparación con mortero o concreto. En caso de la necesidad de una puesta rápida en servicio se podrán omitir los tiempos de fraguado si se utiliza una barrera de vapor (**Sikaguard-720 EpoCem**) que permite colocar el recubrimiento epóxico a las 24 horas de realizada la reparación.

El sistema de impermeabilización mediante membrana de PVC no requerirá de reparación de fisuras, grietas o juntas.

- c) Si se busca la reparación de un sistema de impermeabilización existente se habrá de consultar con el fabricante ya que la reparación variara en relación al tipo de sistema.

7.1.3.2.7 Infiltración por nivel freático:

Diagnóstico

- a) Realizar una evaluación visual al interior del tanque en condiciones secas y observar los sitios en los cuales se presenta entrada de agua, este problema es más visible cuando el suelo presenta valores de saturación alto.

Evaluación

- a) El observar entrada de agua proveniente del terreno, indica fallas en el recubrimiento impermeable o en filtros y drenajes en el exterior del tanque.

Solución

- a) **Reparación mediante materiales cementantes**

- Detectada la entrada de agua se removerá el material superficial de la zona afectada hasta observar con claridad el flujo continuo de agua.
- Identificado el flujo de agua se realizara su taponamiento con ayuda de selladores ultrarapidos de fraguado (**Sika®-2**).
- Neutralizada la filtración se recupera la superficie mediante morteros de reparación de baja permeabilidad (**SikaTop®-Seal-107 - SikaTop®-121 - SikaTop®-121 Monocomponente**) ..

Foto 30. Infiltración de agua por nivel freático



b) Reparación mediante inyección de poliuretano.

- La reparación mediante la utilización de inyecciones de poliuretano es otra alternativa para la solución de filtraciones del terreno al interior del tanque (**SikaFix HH**).

Foto 31. Aplicación de inyecciones de poliuretano Sikafix HH



7.1.4 Glosario.

C

Cinta PVC: es una tira de poli cloruro de vinilo o en otras palabras es un polímero vinílico termoplástico, siendo resistente al agua y al fuego. También es como un plástico.

Corrosion: es un proceso químico que afecta al metal como el acero, causado por la acción de agentes naturales.

Curado: es aquel procedimiento de humedecimiento en el concreto para optimizar su adherencia entre la pasta y los agregados, y así conservar sus propiedades mecánicas.

D

Desmoldante: producto que puede ser líquido o en polvo, cuya finalidad es evitar la adherencia entre el concreto y la formaleta.

E

Epóxico: son resinas que reacción con un catalizador o endurecedor.

Estructuras estancas: es aquella estructura que es diseñada para contener el agua o para retenerla en el interior o exterior.

F

Filtración: es el acceso o salida del agua no deseada en una estructura que puede ser por una rotura.

Fisuras: es aquel espaciamiento que ocurre en un elemento estructural porque los esfuerzos actuantes superan a los resistentes, pero el espaciamiento no supera el espesor; es decir, el daño es superficial.

G

Grietas: es aquel espaciamiento mucho mayor que en las fisuras, el cual no es superficial sino que afecta a todo el elemento, esta normalmente traspasa el espesor del elemento estructural.

H

Hormiguero: son bolsas de aire que quedaron al momento del vaciado, esto es ocasionado por el mal vibrado.

Humedad: es la presencia del agua en la superficie de las estructuras.

I

Impermeabilización: es aquel sistema o procedimiento para evitar la filtración del agua del interior hacia el exterior o viceversa.

Imprimación: es la preparación de la superficie para ser pintada o impermeabilizada, mejorando su adherencia.

J

Juntas: son separaciones entre los elementos estructurales, las cuales se pueden ocasionar por diseño o construcción.

M

Mantos asfálticos: material de origen bituminoso utilizado para la impermeabilización de estructuras.

Material cementante: es aquel material adherente.

Masilla: es una pasta que se utiliza para rellenar agujeros.

Media caña: recubrimiento de mortero semicircular implementado en los vértices verticales y horizontales.

N

Nivel freático: presencia de la lámina de agua en el terreno que se encuentra a cierta distancia de la superficie.

P

Pase muros: son orificios que permite la entrada y salida de las tuberías en estructuras hidráulicas.

Permeabilidad: es la propiedad de los materiales de permitir el flujo del agua para que lo atraviesen.

Poliurea: es un elemento sintético, teniendo cierto grado de resistencia a la abrasión, elongación; su reacción es parecida a la del poliuretano.

R

Retracción: es el acortamiento o reducción del volumen del concreto durante el proceso de endurecimiento y secado.

T

Tanque: es una estructura hidráulica para almacenamiento de un fluido; que generalmente es agua.

8 Conclusiones.

- Se identificaron los procesos constructivos implementados para la construcción de tanques, en base a esto se fue desarrollando las partes del manual que son construcción y reparación, procurando tener un orden propicio para el desarrollo normal de la ejecución del tanque. Inicialmente se proponen una serie de consideraciones a aplicar en la construcción de tanques para prevenir la aparición de afectaciones en relación a la impermeabilización, posteriormente se analizó afectaciones frecuentes en tanques existentes y se sugirió un diagnóstico, una evaluación y su respectiva solución.
- Se describió en el manual una serie de problemáticas recurrentes por los malos hábitos a la hora de la construcción de tanques, como lo fueron aparición de fisuras, hormigueros, fallas en juntas, grietas, filtración en pase muros, ausencia de material impermeabilizante e infiltración por nivel freático. Los procesos inadecuados o erróneos hacen que la estructura sea ineficiente en relación a estanqueidad e impermeabilidad que debe de tener un tanque.
- Se elaboraron los lineamientos de construcción requeridos para tener una adecuada impermeabilización para la prevención y la corrección. La parte de construcción habla sobre la prevención que se debe tener en la ejecución y la parte de los problemas frecuentes habla sobre las correcciones que se deben hacer por los procesos erróneos implementados, en estos se dan soluciones adecuadas para tener en cuenta, mencionando productos impermeabilizantes de la empresa Sika.
- Con los pasos anteriores se diseñó el manual técnico de impermeabilizaciones en tanques, especificando paso a paso cual es la metodología que se debe seguir para tener una adecuada impermeabilización en tanques; además de que se recolecto información de expertos.

9 Recomendaciones

Se recomienda que todos los profesionales de la construcción tomen como guía este manual y lleven a cabo el procedimiento de construcción y reparación, propuesto para impermeabilizar tanques; ya que el manual fue creado por conocimiento propio, con la recopilación de información de diferentes fuentes y con la colaboración de expertos en el tema como las empresas Sika Colombia, Potencialcolombia Ltda y el centro de tecnologías para la construcción y la madera Sena.

Se recomienda siempre buscar la asesoría de profesionales o empresas especializadas en el área de la impermeabilización de edificaciones para construcción o reparación de cualquier tipo de estructura.

Se recomienda la utilización de los productos de la empresa Sika Colombia S.A por su calidad, sin embargo se deja la libertad al lector para decidir sobre los productos a utilizar siempre y cuando estos cumplan con las características expuestas en el documento.

BIBLIOGRAFÍA

APONTE SIERRA.juan carlos: soluciones prácticas a problemas de filtraciones en sótanos.Bogota,2004,92p,Trabajo de grado(Ingeniería civil).Univeridad La Gran Colombia.Facultada de Ingeniería Civil.

RIVERA CASTRO.luis andres:recomendaciones para la prevencion y solucion de la humedad por condensacion en viviendas,SANTIAGO DE CHILE ,2012,142p,Trabajo de grado (Ingeniería civil).Universidad de Chile.Facultad de Ciencias y Matematicas,Departamento de Ingeniería Civil

ACI. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)

SIKA.Contruccion de Estructuras Impermeables y ESTANCA.En SIKA Informaciones Tecnicas.Bogota Sika Colombia S.A ; 2009.31p.ISSN-0122-0594

SIKA.Sistema de Impermeabilizacion con Membrana Flexible.En SIKA Informaciones Tecnicas.Bogota Sika Colombia S.A ; 2013.19p.

SIKA.Sistema Sika para Cubiertas Livianas.En SIKA Informaciones Tecnicas.Bogota Sika Colombia S.A ; 2010.13p.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la Investigación: el proceso de investigación y los enfoques cuantitativo y cualitativo hacia un modelo integral. Tercera edición. México D.F.:McGraw-Hill Interamericana, 2003. 14 p.