

ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO

**FACTORES QUE INCIDEN EN UNA ADECUADA IMPERMEABILIZACIÓN
DEL CONCRETO**

Nicolás González Barrera

Escuela Colombiana de Ingeniería
Pregrado en Ingeniería Civil
Bogotá, Colombia
2020-1

FACTORES QUE INCIDEN EN UNA ADECUADA IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO

Nicolás González Barrera

Trabajo Dirigido presentado como requisito para énfasis en construcción

Director (a):
Ph.D. Nancy Torres Castellanos

Línea de Investigación:
Factores que inciden en una adecuada impermeabilización del concreto
Grupo de Investigación:
Centro de Estudios en Estructuras, Materiales y Construcción

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad en Ingeniería Civil
Ciudad, Colombia
2020-1

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN..... | 6 |
| 2. OBJETIVOS | 7 |
| 2.1 Objetivo General..... | 7 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 7 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 4.1 Principales patologías en las estructuras por la humedad..... | 10 |
| 4.2 HUMEDAD | 13 |
| 5. ESTADO DEL ARTE | 16 |
| 6. DESARROLLO | 18 |
| 6.1 CONSIDERACIÓN DE COSTOS..... | 18 |
| 6.2 TIPOS DE IMPERMEABILIZANTES..... | 19 |
| 6.2.1 Impermeabilizaciones Superficiales | 19 |
| 6.2.2 Sellos | 22 |
| 6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE HUMEDAD Y SUS SOLUCIONES | 24 |
| 6.4 IMPERMEABILIZACIÓN DEPENDIENDO DE LA AFECTACIÓN EN LA UBICACIÓN EN LA ESTRUCTURA | 24 |
| 6.4.1 Horizontales a la intemperie..... | 25 |
| 6.4.2 Bajo nivel del suelo | 30 |
| 6.4.3 Verticales a la intemperie..... | 32 |
| 6.4.4 Tanques y Piscinas | 34 |
| 6.5 MANTENIMIENTO | 34 |
| 7. CONCLUSIONES | 36 |
| 8. RECOMENDACIONES | 37 |
| 9. REFERENCIAS..... | 38 |

TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| <i>Ilustración 1. Daños estéticos por humedad, acumulación de hongos. Tomado de www.mister.hogar.com.....</i> | 9 |
| <i>Ilustración 2. Daños estéticos por humedad, grietas en fachadas por causa de la humedad. Tomado de https://www.homify.com.ve/.....</i> | 10 |
| <i>Ilustración 3. Daños estructurales por humedad, refuerzo expuesto por bajo recubrimiento. Tomado de http://humeingenieria.es-.....</i> | 11 |
| <i>Ilustración 4. Daños estéticos por humedad, Eflorescencia en el concreto. Tomado de http://www.toxement.com.co/media/3396/eflorescencias_concreto.pdf.</i> | 11 |
| <i>Ilustración 5. Daños estéticos y estructurales por humedad, filtraciones en el concreto en sótanos. Tomado de https://www.preasa.com/eliminacion-y-reparacion-de-filtraciones-de-agua-en-edificios.</i> | 12 |
| <i>Ilustración 6. Erosión en el concreto. Tomado de https://www.preasa.com/eliminacion-y-reparacion-de-filtraciones-de-agua-en-edificios.</i> | 13 |
| <i>Ilustración 7. Daños en fachada por humedad, humedad capilar, se presencia como asciende la humedad. Tomado de https://antihumedades.es/blog/aprende-a-reconocer-una-humedad-por-capilaridad-ascendente/</i> | 13 |
| <i>Ilustración 8. Humedad de obra, se presencia los estancamientos de agua. Tomado de Humedad de obra, se presencia los estancamientos de agua. Tomado de https://el-periodico.com.ar/contenido/95191/preocupa-el-agua-estancada-en-una-obra-por-primeros-colonizadores</i> | 14 |
| <i>Ilustración 9. Humedad de obra, inundación en obra por falta de drenaje en obra. Tomado de http://noesis.uis.edu.co/bitstream/.</i> | 14 |
| <i>Ilustración 10. Condensación, falta de ventilación acumulación de hongos. Tomado de https://antihumedades.es/blog/.....</i> | 15 |
| <i>Ilustración 11. Daños estéticos por humedad, Presencia de tuberías dañadas Tomado de http://www.josilva.com/blog/Posts/show/filtraciones/.....</i> | 15 |
| <i>Ilustración 12. Impermeabilizantes Asfálticos. Tomado de https://mex.sika.com.</i> | 19 |
| <i>Ilustración 13. Impermeabilizantes de PVC. Tomado de https://www.aquazul.com</i> | 20 |
| <i>Ilustración 14. Impermeabilizantes asfálticos. Tomado de https://www.quiminet.com.</i> | 20 |
| <i>Ilustración 15. Recubrimientos Cementicios. Tomado de https://keinor.com</i> | 21 |
| <i>Ilustración 16. Sellos de Macillas. Tomado de https://cri.sika.com</i> | 23 |
| <i>Ilustración 17. Cubierta terminada en pavimento. Tomado de https://cri.sika.com.....</i> | 26 |
| <i>Ilustración 18. Cubiertas de Acero. Tomado de https://3dwarehouse.sketchup.com.....</i> | 27 |
| <i>Ilustración 19. Cubiertas de Losa Infiltrante. Tomado de http://www.ipvc.es.....</i> | 28 |
| <i>Ilustración 20. Cubiertas invertidas. Tomado de https://reformacoruna.com.....</i> | 28 |
| <i>Ilustración 21. Cubiertas Verdes. Tomado de https://www.arquitectura.es</i> | 29 |
| <i>Ilustración 22. Impermeabilización bajo el nivel del suelo. Tomado de https://www.arquitecturayempresa.es/).....</i> | 31 |
| <i>Ilustración 23. Impermeabilización de Muros. Tomado de https://www.plomerosmedellin.com</i> | 30 |
| <i>Ilustración 24. Hidrofugación de muro. Tomado de http://mantenimientoyobrascivilesnyl.com/)</i> | 33 |
| <i>Ilustración 25. Impermeabilización de piscinas. Tomado de https://www.diasen.com</i> | 34 |
| <i>Ilustración 26. Impermeabilización de tanques. Tomado de https://col.sika.com</i> | 34 |

1. RESUMEN

El tema de protección del concreto y de la impermeabilización de este, contra agentes naturales que lo puede afectar, es un tema el cual no se le presta la atención debida; por razones que en algunos casos consisten en: Falta de capacitación del personal que realiza estas labores; el uso de los materiales apropiados para las características propias del proyecto, intereses comerciales, falta de presupuesto, entre otros.

De otro lado, los agentes naturales pueden acortar de manera considerable la vida útil de las estructuras en general, causando deterioros que conllevan a fallas mayores. Por esta razón al momento de diseñar y/o definir los diferentes elementos existentes en las construcciones, se debe tener en cuenta tomar las medidas necesarias para proteger tanto los elementos no estructurales como los estructurales de las posibles patologías que pueden presentarse y reduzcan la capacidad de servicio de la estructura, su funcionalidad y la estética.

Para su protección, cada estructura dependerá de diferentes factores como, los costos, el tipo de elemento, clima, entre otros. Pero en cada caso la importancia de cada uno de los factores varia es por esta razón, que no hay una respuesta única a la pregunta ¿Qué impermeabilizante usar? Se debe analizar la situación propia y el entorno de cada una de ellas y escoger la manera más adecuada para proteger los elementos, así como el producto que brinde la mejor protección, evaluando la gran variedad de productos en el mercado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Identificar los factores influyentes en una adecuada impermeabilización del concreto y generar recomendaciones que permitan disminuir la presencia de afectaciones por la presencia y filtración de la humedad.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar mediante consulta del estado del arte los principales factores que inciden en la realización de una adecuada impermeabilización.
- Determinar en el mercado nacional, que recomendaciones y productos comerciales se utilizan para realizar trabajos de impermeabilización en estructuras de concreto.
- Generar recomendaciones y procedimientos que permitan garantizar una adecuada impermeabilización.

3. INTRODUCCIÓN

La impermeabilización es el proceso para revestir y proteger elementos en la edificación que deben mantenerse secos, proteger a los usuarios de los distintos efectos del ambiente exterior y mejorar condiciones de servicio de cada estructura. La impermeabilización va ligada al concepto de servicio ya que permite conservar las propiedades iniciales de los elementos estructurales que la conforman.

La impermeabilización en la construcción, al igual que los demás procesos de la ingeniería, ha evolucionado; debido a la inclusión de nuevos materiales y configuraciones estructurales innovadoras; es un proceso de vital importancia ya que previene los posibles daños arquitectónicos y estructurales que se puedan presentar por infiltración. Por esto es necesario crear conciencia que, en el proyecto de obra, el sistema de impermeabilización deberá considerarse como unidad integrada de la construcción, por lo tanto se debe implementar con rigurosidad los sistemas idóneos para la impermeabilización de todos los elementos que lo necesiten, además que minimizará costos operativos a largo plazo y aumentará su vida útil.

4. MARCO TEÓRICO

La impermeabilización es un proceso que consiste en la protección de los diferentes elementos que conforman una edificación, de los efectos que el agua o humedad pueda causar en ellas. Es de vital importancia en la vida de la estructura ya que contribuye en asegurar la salud y comodidad de los que se encuentran en esta. Este método ejerce la función de aislante en las superficies en las que se aplica impidiendo el paso del agua a través de ellas.

Cuando las fuentes de humedad no han sido debidamente consideradas en la etapa de diseño y desarrollo de la obra, se pueden presentar efectos nocivos en la construcción. Las filtraciones de agua son efectos causados por el paso de esta a través de elementos que no han sido correctamente impermeabilizados.

“Por lo general, la humedad por filtración viene acompañada por malas prácticas constructivas, que pueden ser desde el empleo de materiales con concretos porosos, ineficiente colocación de juntas o fallas en el diseño” (Perez, 2016). Todos estos inconvenientes generan que el agua atraviese las paredes generando el deterioro del concreto, oxidación del hierro, y la aparición de microorganismos. Este tipo de humedad genera un ecosistema poco saludable en el cual se generan con mucha facilidad manchas de moho (formadas por colonias de ácaros y hongos) complicando el bienestar de quienes habitan en ese hogar, además si no es tratada lo más pronto posible empezará a causar daños en la estructura, hasta el punto de reducir la capacidad estructural. Simplemente el arreglar estos elementos y decorarlos no resuelve el problema, sino que se debe aplicar un sistema de impermeabilización para que la afección no vuelva a aparecer.

En la ilustración 1, se aprecia el deterioro y acumulación de hongos que puede generar la humedad en un muro.



Ilustración 1. Daños estéticos por humedad, acumulación de hongos. Tomado de www.mister.hogar.com

4.1 Principales patologías en las estructuras por la humedad

Las patologías en una estructura por humedad son fáciles de detectar puesto que en la mayoría de las ocasiones se pueden ver a simple vista. Las principales patologías por humedad en una estructura son:

- **Grietas y fisuras**

Son aberturas alargada, estrechas no uniformes que se puede generar en cualquier superficie de la estructura, la presencia de grietas puede ser ocasionado por movimientos del suelo, sobrecargas no previstas, variaciones térmicas, presencia de humedad y agentes atmosféricos, entre otros. A pesar de que no siempre las grietas son ocasionadas por una mala impermeabilización, estas si abren un camino para que la humedad penetre las estructuras y genere más grietas u otras patologías. En la ilustración 2 se observa el desgaste de la fachada por las grietas con humedad.



Ilustración 2. Daños estéticos por humedad, grietas en fachadas por causa de la humedad. Tomado de <https://www.homify.com.ve/>

- **Corrosión**

“La corrosión es el deterioro (en sus propiedades tanto físicas como químicas) que sufren los metales al ser atacados por los más diversos agentes químicos. Este proceso es acelerado por el oxígeno, el agua, los productos químicos o biológicos y la temperatura” (Salinas, 2011). La corrosión ocasiona fuerzas de presión interna dentro de la masa de concreto, por el aumento de volumen del acero, haciendo que se presente una degradación del concreto circundante, deteriorando el recubrimiento, esto pone en riesgo toda la capacidad estructural y puede hacer colapsar la estructura; tal como se observa en la ilustración 3, donde el acero queda expuesto a la intemperie y se acelera el proceso de corrosión del mismo.



Ilustración 3. Daños estructurales por humedad, refuerzo expuesto por bajo recubrimiento. Tomado de <http://humeingenieria.es>-

- **Eflorescencias**

Una de las patologías más frecuentes que se produce en las fachadas son las eflorescencias. “Se trata de manchas blancas de aspecto irregular que aparecen en la superficie del concreto exacerbadas por la humedad. Cuando la superficie se seca y el agua se evapora se da la cristalización de algunas sales solubles que se encuentran en la masa del concreto, haciendo aparecer las eflorescencias” (Prada, 2018).

Este residuo de sal blanca puede aparecer en pocas o grandes cantidades, también puede formarse tanto de manera lenta como muy rápida; depende de la cantidad de humedad a la que se somete el concreto y del calcio libre presente en éste. Este fenómeno no es tan evidente en los concretos comunes de cementos blancos o grises y puede pasar sin notarse. Pero en los concretos de otros colores, una ligera eflorescencia, puede ser muy notoria y generar un aspecto de la estructura poco estética; la ilustración 4 expone el aspecto que puede generar la eflorescencia en el concreto.



Ilustración 4. Daños estéticos por humedad, Eflorescencia en el concreto. Tomado de http://www.toxement.com.co/media/3396/eflorescencias_concreto.pdf.

- **Filtraciones**

Es el proceso que se produce por el acceso de agua a través de fisuras o grietas y que normalmente da lugar a manchas. Es frecuente que se produzca en los encuentros de muros de sótanos, así como en juntas constructivas entre distintos elementos, por rotura de los cerramientos o acabados y en lugares de paso de instalaciones; la ilustración 5 es un sótano afectado por filtraciones, esto genera un aspecto incómodo para los usuarios.



Ilustración 5. Daños estéticos y estructurales por humedad, filtraciones en el concreto en sótanos. Tomado de <https://www.preasa.com/eliminacion-y-reparacion-de-filtraciones-de-agua-en-edificios>.

- **Erosión**

La erosión es la pérdida del concreto en la parte superficial, se puede dar por el continuo paso de agua y un concreto de baja calidad ó también puede presentarse en los pisos principalmente industriales por el continuo paso de equipos; el cual se lleva consigo el material, dejando expuesto el acero de refuerzo; lo que causa que el acero se corra, como se puede apreciar en la ilustración 6, y pierda sus capacidades mecánicas.



Ilustración 6. Erosión en el concreto. Tomado de <https://www.preasa.com/eliminacion-y-reparacion-de-filtraciones-de-agua-en-edificios>.

4.2 HUMEDAD

La humedad aparece en forma indeseada, incontrolada y en proporciones superiores a las esperables entrando en contacto con cualquier material o elemento constructivo, creando daños que son molestos, antiestéticos y que pueden llegar a ocasionar pérdidas costosas o aún peor poner en riesgo la vida de los habitantes de esta. Pero, la humedad no es la misma siempre, por esto podemos encontrar diferentes tipos humedad:

- **Humedad capilar**

Se debe a que los materiales de la construcción absorben el agua del terreno a través de estructuras verticales que tengan contacto directo con este como lo son las columnas, los muros estructurales, vigas de cimentación, vigas de enlaces y placa de cimentación. Las causas son: alta presencia de agua por escorrentía directa, zonas húmedas que no cuentan con un buen proceso de impermeabilización, nivel freático alto de la zona. Cuentan con una sintomatología de presencia de moho, deterioro en los acabados del muro, presencia de fisuras, cambio de color en los acabados y carbonatación. En la ilustración 7 se parecía como la parte baja del muro se encuentra más afectada por la humedad.



Ilustración 7. Daños en fachada por humedad, humedad capilar, se presencia como asciende la humedad. Tomado de <https://antihumedades.es/blog/aprende-a-reconocer-una-humedad-por-capilaridad-ascendente/>

- **Humedad de obra**

Se presenta durante la ejecución de la obra, principalmente por el mal manejo de los materiales y al no tenerse en cuenta la evaporación de sustancias líquidas, o al no tener una barrera de aislamiento del suelo húmedo con respecto a los elementos que se pueden humedecer.

Las causas son por falta de drenaje del agua, falta de mantenimiento, y la más probable, una mala impermeabilización o la usencia de esta. Lo que puede causar sintomatología como presencia de humedad y deterioro en acabado, afectación en el terreno natural, estancamiento de agua, entre otros. En la ilustración 8 se observa el estancamiento de agua en la obra; leve a comparación de la ilustración 9 donde se observan grandes cantidades de agua estancada por falta de un buen drenaje, que pueden dañar la mezcla de concreto y el acero de refuerzo.



Ilustración 8. Humedad de obra, se presencia los estancamientos de agua. Tomado de <https://el-periodico.com.ar/contenido/95191/preocupa-el-agua-estancada-en-una-obra-por-primeros-colonizadores>



Ilustración 9. Humedad de obra, inundación en obra por falta de drenaje en obra. Tomado de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/>.

- **Humedad de condensación**

La condensación se da por presencia de vapor de agua desde zonas de mayor a menor presión, se puede dar por una ineficiencia en pendiente de drenaje de la placa cubierta, presencia de tuberías hidrosanitarias afectadas o dañadas, falta de ventilación para vapores o falta de impermeabilización para mejorar la calidad de los materiales. A continuación, la ilustración 10 muestra la acumulación de hongos que produce la humedad, por falta de ventilación.



Ilustración 10. Condensación, falta de ventilación y acumulación de hongos.
Tomado de <https://antihumedades.es/blog/>.

- **Humedad accidental**

Como su nombre lo dice se evidencia por afectaciones en las obras hidráulicas o sanitarias las cuales al presentarse fallas en las tuberías o mal diseño de canales que desagüen el agua lluvia o por no realizar un mantenimiento activo en la limpieza de estos. Como se muestra en la siguiente imagen donde se evidencian manchas por fallas en el sistema hidráulico del edificio, debidas a presencia de humedad en los muros.

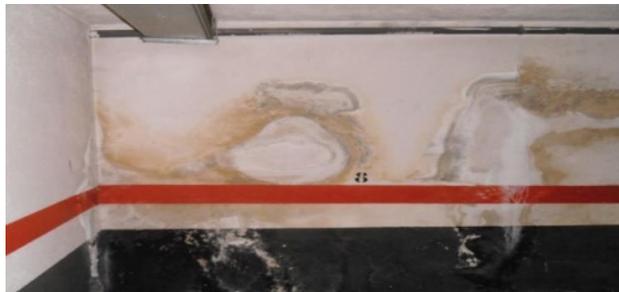


Ilustración 11. Daños estéticos por humedad, Presencia de tuberías dañadas
Tomado de <http://www.josilva.com/blog/Posts/show/filtraciones/>.

5. ESTADO DEL ARTE

Ante las primeras sociedades sedimentarias, que deciden quedarse en un solo lugar y crear sus hogares para poder protegerse de agentes externos a ellos y a sus familias, desde este momento nace la necesidad de hacer las construcciones más seguras y duraderas, y este concepto continúa prevaleciendo hasta el día de hoy. Ya que el concreto es un material relativamente nuevo en la historia de la humanidad y el poder impermeabilizarlo es algo también nuevo, aunque el día de hoy se cuenta con una gran variedad de productos y de tecnologías.

A comienzos del siglo XX, la industria de las pinturas experimentó cambios dramáticos. Empezando por el desarrollo de la goma de éster, la cual aceleró el proceso con la investigación industrial de la química sintética en crecimiento. Aglutinantes tradicionales se fueron sustituyendo por resinas sintéticas y muchos nuevos campos de la tecnología de los recubrimientos se abrieron con el desarrollo de la nitrocelulosa, fenólicos, acrílicos, vinilos, terpenos, entre otros. (Motta, 2016)

Con la llegada de la industria petrolera en los años de 1920 y el descubrimiento de materiales nuevos petrolizados, que revolucionan el mercado, se utiliza una mezcla de petróleo crudo y amoníaco mejor conocido como chapopote, y se comenzó a emplear como capa protectora sobre los techos de concreto armado, debido a sus propiedades flexibles al enfriarse. (Motta, 2016)

En la década de los años 1960, debido a investigaciones llevadas a cabo por la NASA se descubrieron nuevos materiales. Fue así como apareció la fibra de vidrio, un material básico en la industria de los impermeabilizantes. De esta se obtiene una tela de fibra de vidrio muy fina conocida como membrana de refuerzo de fibra de vidrio. Se caracteriza por su resistencia, flexibilidad y ligereza, también es un material inalterable e indismallable. Su composición es estable, rigurosamente homogénea, prácticamente es indiferente a ataques de agentes químicos. Actualmente aún es muy usada en terrazas de concreto reforzado. (Rojas Pedroza, Agredo Chavez, Garcia Meza , & Figueroa Puello, 2017)

Hoy estas tecnologías son la base de todos los productos actuales, y hasta el punto de combinar las tecnologías para poder tener mejores resultados y nuevos productos.

Al estudiar la diferente cantidad de sistemas existentes para impermeabilizar un elemento de construcción, es importante saber que inicialmente se dividen en dos categorías. En la primera categoría, se contempla la disminución de la

permeabilidad de la masa del material, sistema empleado normalmente, en la elaboración de concretos y morteros. Este tipo de sistemas incluye, las inyecciones de resinas que se aplican a elementos ya existentes que no cuentan con un tratamiento eficaz de impermeabilización contra la humedad. En la segunda categoría, se encuentra el sistema de impermeabilización aplicada sobre la superficie del elemento.

Estos sistemas se dividen a su vez, en rígidos y flexibles. Los sistemas flexibles se emplean normalmente, en elementos con probabilidad de deformación; comprenden los materiales con base en láminas elásticas, asfaltos modificados, acrílicos flexibles y elastómeros líquidos. Los sistemas rígidos abarcan los morteros listos impermeables y los impermeabilizantes cementicos modificados con resinas sin capacidad de deformación. (Diaz, 2012)

6. DESARROLLO

Se debe tener en cuenta que existen diferentes tipos de necesidades de impermeabilización, por los diferentes elementos de una construcción (losas, tanques, terrazas, fundaciones, entre otras) que requieren de un sistema o material diferente, por ejemplo un impermeabilizante rígido puede ser apto para un depósito de agua, sin embargo para las uniones de losas es obligatorio usar un material flexible, además actualmente en el mercado existe una gran variedad de productos para cualquier caso existente.

Existen diferentes aspectos que el ingeniero debe considerar para el sistema de impermeabilización, entre los más importantes se encuentra:

- Costo inicial y costo de mantenimiento.
- Grado de exposición de la estructura a fuentes de humedad
- Tipo de construcción y esfuerzos a los que se encuentra sometida la impermeabilización y el elemento impermeabilizado
- Características del material a colocar: durabilidad, resistencia mecánica compatibilidad de materiales
- Estado de la estructura en el momento de colocar el material
- Condiciones bajo las cuales se aplicará los materiales: Condiciones climáticas, preparación de superficies, mano de obra.
- Acabado protector de la impermeabilización: protección contra daños mecánicos, tránsito liviano o pesado, exposición a agentes corrosivos.

6.1 CONSIDERACIÓN DE COSTOS

La selección del sistema de impermeabilización debe estar basado en el costo real por unidad de tiempo, calculado para la vida útil del sistema. Un sistema de costo inicial bajo puede significar un mayor costo final por efecto de continuas reparaciones. (Díaz, 2012)

La elección de un sistema de impermeabilización no debe basarse solo en consideraciones de costos sin darle como es lógico, la máxima importancia a la calidad del sistema, ya que los costos derivados de daños de la estructura, acabados o equipos por efectos de una impermeabilización deficiente puede elevarse considerablemente. Aunque también se debe considerar que un sistema de impermeabilización más costoso y de alta calidad no es la mejor opción, o la más indicada, ya que puede tener bajas necesidades con no tan alta rigurosidad, por lo

que un sistema muy costoso va a trabajar de igual manera que uno más económico para este caso.

6.2 TIPOS DE IMPERMEABILIZANTES

Para la realización de la impermeabilización de una estructura se dispone de distintos grupos de impermeabilizantes.

6.2.1 Impermeabilizaciones Superficiales

“Estos sistemas de impermeabilización están compuestos por materiales adheridos normalmente a la superficie del elemento constructivo, no obstante, alguna laminas elásticas, se instalan sin adherirse en las superficies horizontales, que permite absorber movimientos de la estructura” (Díaz, 2012).

6.2.1.1 Impermeabilizantes elásticos

Los sistemas de impermeabilización flexible más utilizados son: sistemas asfálticos, laminas elásticas, acrílicos flexibles y elastómeros líquidos.

- **Sistemas asfálticos**

La tendencia a la utilización de productos con base en asfaltos está más relacionada hacia materiales de aplicación en frío, constituidos por asfaltos modificados con polímeros o cauchos sintéticos y reforzados con fibras; en la imagen 12 se ve el modo de colocación de un sistema asfáltico en una cubierta.



Ilustración 12. Impermeabilizantes Asfálticos. Tomado de <https://mex.sika.com>.

- **Sistemas con base en láminas elásticas**

Las láminas elásticas están compuestas por materiales sintéticos como cloruro de polivinilo (PVC). Se presenta en rollos que se extienden sobre la superficie a impermeabilizar. Este sistema es muy utilizado en terrazas o cubiertas, aunque también suele ser usado en sótanos evitando la humedad capilar o en tanques y

piscinas para arreglar infiltraciones; en la ilustración 13 se puede observar como este método es utilizado en una terraza.



Ilustración 13. Impermeabilizantes de PVC. Tomado de <https://www.aquazul.com>

- **Sistemas acrílicos**

Este es un sistema líquido que se aplica por medio de brocha, rodillo o pulverizado, que una vez curado forman una película resistente al agua y a otros compuestos químicos; es utilizado normalmente en cubiertas como se puede ver en la siguiente imagen.



Ilustración 14. Impermeabilizantes asfálticos. Tomado de <https://www.quiminet.com>.

- **Elastómeros líquidos**

Las impermeabilizaciones a base de poliuretanos son ideales para la construcción, entre sus ventajas, se encuentra la reducción de los costos de mantenimiento pues se puede añadir una tela o malla protectora que aumenta la resistencia a los ataques del medio. Este tipo de impermeabilización es fácil de aplicar, tiene alta elasticidad, presentan una buena adherencia y resistencia a la intemperie.

6.2.1.2 Impermeabilizantes Rígidos

- **Recubrimientos cementicos**

Lo más frecuente en este tipo de impermeabilización es utilizar productos con base cementicia modificado con polímeros y adiciones especiales. Deben cumplir con las siguientes características (Díaz, 2012):

- Manejabilidad: Es la medida de la facilidad de la colocación de muestra, la cual está relacionada con la consistencia que se refiere al grado de fluidez del mortero.
- Retención de agua: Es la medida de la capacidad del mortero para mantener su plasticidad al entrar en contacto con una superficie absorbente y constituye una propiedad importante por su incidencia en la velocidad de endurecimiento.
- La adherencia: Es la capacidad para absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero con el soporte.
- La resistencia: Es la capacidad del mortero para soportar cargas de compresión y de tracción.
- La impermeabilidad: Es la medida de la resistencia a la penetración del agua.

En la Ilustración 15 se aprecia un terminado de un recubrimiento cementicio.



Ilustración 15. Recubrimientos Cementicios. Tomado de <https://keinor.com>

Los morteros listos se clasifican según el líquido de amasado:

- Morteros listos de base acuosa: Tienen como principio que sus componentes son los mismos a un mortero tradicional, pero la diferencia se encuentra en tener una granulometría definida o constante, las arenas son limpias y secas, la cantidad de arena y cemento están preestablecidas, lo que permite tener una calidad controlada lo que representa un rendimiento constante.

- Morteros listos de base acrílica: Se diferencian en que es un mortero modificado con polímeros acrílicos que van dispersos en el líquido de amasado, lo que permite que las características físicas, resistencia mecánica y química sean superiores

Los morteros listos cuentan con ventajas como:

- Fácil aplicación
- Durables
- Su transporte es cómodo
- Mínimo riesgo
- Insensible a la humedad
- Baja relación costo/beneficio
- Muy bajo desperdicio
- Sellar fugas y filtraciones

Además de los morteros listos se puede encontrar en esta categoría Láminas bituminosas. Conocidas también como telas asfálticas. “Posiblemente se trate del sistema más extendido y tradicional. Estas láminas impermeabilizantes están compuestas por sustancias bituminosas que contienen asfaltos naturales, betunes de penetración, de oxidación, alquitranes o breas que por aplicación directa quedan adheridas al soporte evitando filtraciones” (Díaz, 2012). Entre sus ventajas destaca su excelente durabilidad; aunque es una solución costosa y muy poco flexible. La colocación de sus rollos negros es muy complicada y el material es muy poco resistente a la insolación, por lo que resulta necesario el revestimiento de su superficie con una nueva capa de protección (suelo cerámico, por ejemplo) lo que encarece todavía más el sistema.

6.2.2 Sellos

El sellado de juntas dejó de ser un problema como lo era en tiempos pasados, hoy en día, se consigue una gran variedad de masillas y de cintas elásticas que aseguran un grado de impermeabilidad

En toda construcción se presentan una gran cantidad de juntas entre las que se destacan:

- Juntas de construcción
- Juntas de dilatación
- Unión de distintos elementos en el caso de prefabricación
- Juntas de unión de materiales de distinta naturaleza

Se presentan diferentes soluciones para el sello de juntas:

- **Sellos incorporados en la estructura**

Son perfiles de cloruros de polivinilos, que poseen una gran elasticidad para absorber fuertes deformaciones debido a la elasticidad propia del material. Estos perfiles son termo soldables y permiten obtener cualquier dimensión y soluciones de encuentro.

- **Sellos superficiales**

Dentro de este sistema, la impermeabilidad en las juntas se logra trabajando masillas de distinto tipo en combinación con sistemas de una lámina elástica adherida con una masilla epóxicas. Las masillas para sello de juntas pueden clasificarse en tres tipos:

- Masillas plásticas, cuyas deformaciones admisibles no sobrepasa el 5%, están formadas con base de asfaltos.
- Masillas plasto-elásticas, con deformaciones admisibles del 15%, dentro de este tipo se encuentran las masillas acrílicas y las de asfaltos, modificados por caucho sintéticos o polímeros.
- Masillas elásticas con deformaciones admisibles de hasta 30% y deformación de rotura de hasta 500%.

En la Ilustración 16 se ve el método de aplicación de las masillas y el terminado que estas dejan.



Ilustración 16. Sellos de Macillas. Tomado de <https://cri.sika.com>

- **Sello de junta con láminas elásticas**

La lamina elástica se adhiere en los bordes superiores de la junta con un adhesivo en base a resinas epóxicas. Sellado e impermeabilización de encuentros de cubiertas con muros: Las uniones de tejas, a los elementos de mampostería y

concreto, como también en los pasos de ductos, requieren un sello flexible, seguro y durable.

6.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE HUMEDAD Y SUS SOLUCIONES

A continuación, se presenta los principales métodos que se usan para atacar cada tipo de humedad que puede presentar la estructura:

- **Contra la humedad de las precipitaciones**
 - Tener tejados o cubiertas.
 - Pañetes exteriores hidrófugos.
 - Sellamientos elásticos.
 - Paredes dobles.
 - Revestimientos superficiales con materiales impermeables.

- **Contra la humedad ascendente del terreno y contra la que penetra por los lados**
 - Emplear recubrimientos asfálticos en caliente, emulsiones asfálticas, recubrimientos cementicos y acrílicos.
 - Colocar drenajes y filtros.
 - Hacer impermeabilizantes horizontales.
 - Sellar filtraciones de agua

- **Contra humedad contenida de la edificación**
 - Ventilar.
 - Calentar el ambiente.
 - Hacer barreras de vapor.

6.4 IMPERMEABILIZACIÓN DEPENDIENDO DE LA AFECTACIÓN EN LA UBICACIÓN EN LA ESTRUCTURA

Con el propósito de definir los sistemas de impermeabilización según su ubicación en las estructuras, las distintas soluciones se clasifican en cuatro grupos: Horizontales a la intemperie, verticales a la intemperie, bajo el nivel del suelo y tanques y piscinas.

La impermeabilización de superficies expuestas a agua-lluvia, es la solución que se da en el grupo correspondiente a verticales a la intemperie. Dentro del marco de soluciones horizontales a la intemperie se tratan cubiertas planas con muy poca pendiente.

6.4.1 Horizontales a la intemperie

La construcción de cubiertas ha cambiado a lo largo de la historia debido a constante avance tecnológico y la factibilidad constructiva. Todas las características de las cubiertas como su funcionabilidad van a la par con las tendencias arquitectónicas, por lo cual los constructores deben tener conocimientos teóricos que establezcan de manera responsable dichos procesos constructivos.

Una distintiva impermeabilización de este tipo se caracteriza por poseer las siguientes partes:

- Soporte estructural de concreto que constituye la base.
- Barrera de vapor.
- Aislación térmica.
- Capa de final de protección variable según el tipo de sollicitación (actualmente varios productos impermeabilizantes tienen incluida esta protección).

Lo más frecuente es que esta impermeabilización se ejecute normalmente con 3 grupos de materiales: asfaltos modificados de aplicación en frío en varias capas y fibra de vidrio entre capas; láminas de asfaltos modificados y sistemas con base en elastómeros líquidos y acrílicos flexibles. Cada tipo de material tendrá su propio método de colocación definido por normas de buena ejecución.

6.4.1.1 Tipos de cubierta

“Las distintas configuraciones físicas de las cubiertas determinan su eficacia y eficiencia debido a que facilitan la distribución de aguas lluvias por medio de distintos sistemas de desagüe” (Valero & Narvaez, 2018). Según este criterio, se tienen principalmente dos tipos de cubiertas:

- **Cubiertas planas**

Son aquellas en las que no intervienen estructuras de cierre inclinadas o curvas. “Aunque se denominen planas, estas cubiertas poseen un ligero declive para que se produzca el desagüe, aconsejándose un 4% de pendiente”. Su conformación se centra en la utilización de capas que soporten sollicitaciones de carga. Los tipos de cubiertas planas se definen a continuación:

- **Cubiertas transitables.** “En estas cubiertas se trata de colocar un recubrimiento o capa de protección que sea capaz de soportar sobreesfuerzos, incluso, sobreesfuerzos de uso”. Sus capas están constituidas por cámaras de aire, impermeabilización, mortero de acuerdo con el tipo de tráfico, aislamiento térmico, entre otras. Las cuales a su vez se encuentran subdivididas en:
 - **Cubierta en pavimento.** Su característica distintiva es que el pavimento que la compone es totalmente horizontal. Las juntas y demás elementos constituyentes facilitan el drenaje y mantenimiento respectivo; se aprecia en la ilustración 17 el terminado de una cubierta en pavimento.



Ilustración 17. Cubierta terminada en pavimento. Tomado de <https://cri.sika.com>

- **Losa-acero.** Este sistema está desarrollado para uso en losas de entrepisos metálicos en edificios. Sus componentes básicos son: lámina acanalada, malla electrosoldada y conectores de corte. es ideal para liberar el uso de cimbra de madera en estructuras de concreto; en la ilustración 18 se encuentra un diseño de una cubierta losa-acero.

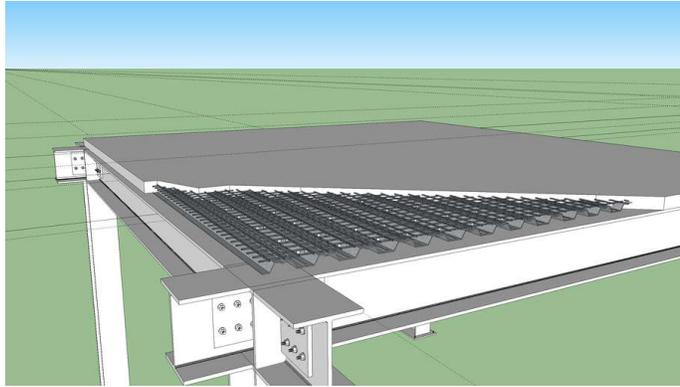


Ilustración 18. Cubiertas de Acero. Tomado de <https://3dwarehouse.sketchup.com>

- **Cubierta catalana.** Usualmente empleada en lugares con climas de temperaturas altas, cuenta con cámaras de aire cuya función es contrarrestar el calor generado sobre la cubierta.
- **Cubierta de tráfico rodado.** Está diseñada para que resista el paso vehicular por medio de elementos solicitados a preesfuerzos mayores. Está constituida por una capa de rodadura que puede ser de material asfáltico o concreto.
- **Cubierta de placa maciza.** Es aquella superficie horizontal, construida en concreto reforzado que cubre tableros rectangulares o cuadrados. Sus extremos se apoyan sobre vigas que transmiten la carga a las columnas de la edificación. El aislamiento que poseen este tipo de cubiertas es deficiente.
- **Cubiertas de losa filtrante.** Compuesta de placas aislantes que permiten facilitar el mantenimiento y limpieza; las losas están elaboradas en concreto poroso de alta resistencia, lo que facilita el drenaje y protege la impermeabilización; en la ilustración 19 se aprecia el terminado de una cubierta de losa filtrante.

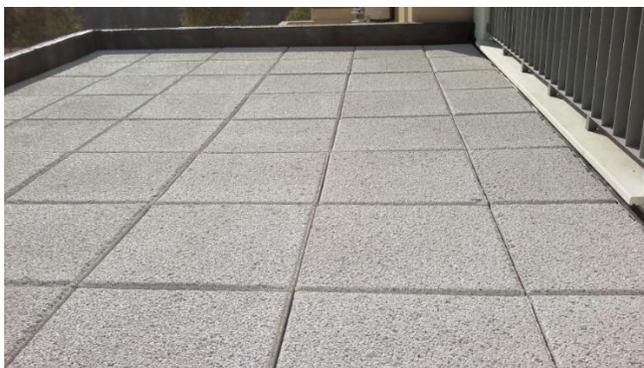


Ilustración 19. Cubiertas de Losa Infiltrante. Tomado de <http://www.ipvc.es>

- **Cubiertas no transitables.** “Se declaran no transitables aquella que carecen de protección, y únicamente están habilitadas para el paso de personas en tareas de mantenimiento” (Muñoz Agudelo & Cardona Garcia, 2012). Este tipo de cubiertas se diseña para que resista principalmente cargas muertas.
 - **Cubiertas invertidas.** Normalmente de superficie transitable, que funciona de forma apuesta a la tradicional. Esto quiere decir que el aislante térmico es el que protege al sistema de impermeabilización y no al revés; en la ilustración 20 se presenta en detalle la cubierta invertida

DETALLE DE UNA CUBIERTA INVERTIDA:

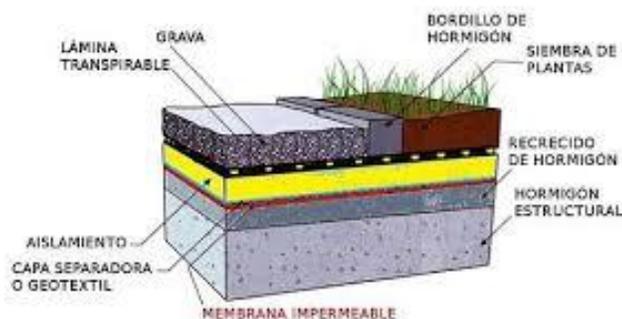


Ilustración 20. Cubiertas invertidas. Tomado de <https://reformacoruna.com>

- **Cubiertas de techos verdes.** En este tipo de cubierta, la capa de tierra y vegetación cumple la función de aislamiento al ser las plantas muy buenas reguladoras de la temperatura por la función evapotranspiración que realizan, además de dotar a la edificación de una gran inercia térmica; En la ilustración 21 se presenta las diferentes capas que debe tener una cubierta de techo verdes.

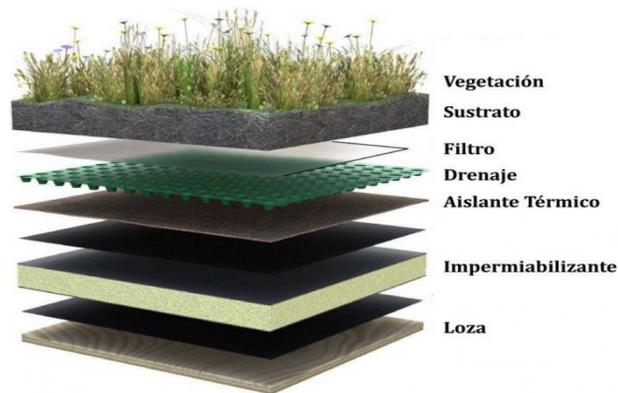


Ilustración 21. Cubiertas Verdes. Tomado de <https://www.arquitectura.es>

- **Cubiertas sumergidas.** Cuenta con sistemas estructurales que soportan lámina de agua de mínimo 10 cm de altura; es necesario que tenga bordes rematados y que se le realice mantenimiento rutinario debido a la presencia de microorganismos patógenos. Cuentan con capa de vapor.
 - **Cubiertas metálicas.** “Están conformadas de acero galvanizado, ya que el recubrimiento de metales protege altamente la superficie”. Entre sus características fundamentales se encuentran la resistencia a la corrosión, durabilidad, protección UV, poco mantenimiento y larga vida útil.
- **Cubierta inclinada**

“Cuando la inclinación de una cubierta es superior al 10%, se considera que es una cubierta inclinada. A los planos inclinados que conforman la cubierta inclinada se les denomina faldones” (Valero & Narvaez, 2018). Dentro de este tipo de cubierta, de acuerdo con su forma se encuentran:

- **Cubierta a un agua.** También se denominan mono-direccionales debido a que su inclinación y orientación va en un solo sentido. Está cubierta puede emplear materiales como asbesto cemento, teja de barro, plásticas, entre otros. “En la mayoría de las ocasiones se complementa con una canaleta con la cual se dirige o conduce el agua a un extremo donde se hace descender el flujo hasta el nivel del suelo para ser desaguado”. Se recomienda realizar mantenimiento constante a canaletas y bajantes.

- **Cubierta a dos o más aguas.** También llamadas multidireccionales, drenan las aguas pluviales hacia las canaletas que están ubicadas perimetralmente. se deben revisar y limpiar las canaletas, así como las descargas y el caballete. Se distinguen elementos como las limatesas, que son intersecciones de dos faldones que forman un ángulo convexo entre sí y la lima hoya, que recoge el agua de lluvia proveniente de distintas vertientes.
- **Cubiertas espaciales.** Es una estructura formada por elementos superpuestos de acero, unidos con barras y pernos que le dan sostén a este tipo de cubierta. Si la superficie a diseñar es de doble curvatura y puede absorber fuertes esfuerzos en los bordes hay que emplear estructuras laminares. Si es plana se le deberá dar suficiente inercia. Con lo cual, debemos de tener especial cuidado al diseñar este tipo de estructuras.
- **Cubiertas neumáticas.** Las estructuras neumáticas pueden resolver la cubierta de superficies muy grandes sin apoyos intermedios, proporcionando, asimismo, la posibilidad de montar, desmontar y transportar la estructura con facilidad. Además, de que facilita la circulación de aire fresco y permite la acción de cargas generando esfuerzos únicamente esfuerzo a tracción. Para su diseño se debe tener en cuenta la acción del viento y nieve si aplica.

6.4.2 Bajo nivel del suelo

Los principales elementos que requieren más frecuentemente de una solución de impermeabilización bajo el nivel del suelo son los cimientos, fundaciones y sótanos. Se pueden presentar dos situaciones distintas según sea la ubicación geográfica de la obra; la ilustración 22 representa la impermeabilización externa de un sótano.



Ilustración 22. Impermeabilización bajo el nivel del suelo. Tomado de <https://www.arquitecturayempresa.es/>)

6.4.2.1 Sin nivel de agua subterránea

Cuando no hay nivel de agua subterránea se impermeabiliza la obra solo contra el agua de infiltración de lluvias o eventuales daños de cañería. Cuando las fundaciones son de concreto armado se impone una impermeabilización según:

- Permeabilidad del terreno.
- Régimen de lluvias de la zona.
- Profundidad de la fundación.
- Sentido de escurrimiento de las aguas.

Las soluciones que se pueden adoptar son:

- Concreto de baja permeabilidad.
- Tratamiento de juntas de construcción.
- Recubrimiento asfáltico con impermeabilizante.

Cabe resaltar que la solución dependerá de las exigencias que representen la obra. Es indispensable una impermeabilización para proteger las fundaciones de concreto cuando:

- Existen sales agresivas en el subsuelo, con contenidos de ácidos húmicos, sulfatos.
- En las industrias cuando hay residuos.

6.6.2.2 Con nivel de agua subterráneo

Se debe conocer el nivel máximo del nivel freático para poder determinar la solución de impermeabilización que se debe implementar, ya que dependerá de la presión que ejerza el agua.

El tipo de impermeabilización superficial está condicionado del tipo de estructura que se proteja, esta protección debe tener por lo menos 0,5m superior al nivel freático máximo. La impermeabilización debe localizarse en la zona de la estructura que se encuentra en contacto con el agua, rodeando toda fundación para poder conseguir una impermeabilización segura.

6.4.3 Verticales a la intemperie

Son aquellas superficies expuestas a agua lluvias, por lo tanto, no se encuentra sometida a presiones de agua importantes. “En las ciudades, por lo general la atmosfera está cargada de elementos nocivos para el concreto, provenientes de humos de las industrias, las cuales son transportadas a través de la lluvia y de la humedad” (Diaz, 2012). Las construcciones con concreto más poroso, absorbe mayor cantidad de elementos nocivos, por lo tanto, se encuentra más afectado por estos agentes al deterioro constructivo como estético adicionalmente afecta fuertemente el confinamiento térmico con el cual está diseñada la estructura; en la ilustración 23 muestra un sistema de impermeabilización con un producto cementicio.



Ilustración 23. Impermeabilización de Muros. Tomado de <https://www.plomerosmedellin.com>

Con lo cual entramos en la hidrofugación de fachadas que consiste en “aplicar una película que modifica la tensión superficial de una superficie, con lo que se impide la absorción capilar del agua y sus contaminantes sin taponar los poros y, por lo tanto, sin alterar la transpiración del material en el que se aplica” (Valero & Narvaez, 2018), este proceso genera un efecto de autolimpieza, ya que impedirá la penetración de polvo en los poros y permanecerá sobre la superficie lo cual será fácilmente lavable. Por la ausencia de humedad se evita el crecimiento de vegetación en la estructura. Estas sustancias generan que el tiempo el cual las gotas de agua se encuentran sobre muros disminuye notablemente. Se aclara que la hidrofugación e impermeabilización no es lo mismo.

Para impermeabilizar este tipo de estructuras se puede escoger alguna de las siguientes soluciones:

- Pañetes de baja permeabilidad.
- Recubrimientos cementicios.
- Repelente de agua.
- Recubrimiento anticorrosivos y decorativos.

En caso de humedad ascendente, se necesita implementar una barrera horizontal. El procedimiento consiste en la inyección de materiales taponando capilares o reduciendo el diámetro de estos, por lo tanto, una disminución en la velocidad de ascenso y una evaporación en la parte inferior del muro y finalmente un efecto de secado.

“Es posible crear una combinación entre los impermeabilizantes y los hidrofugantes que generan mejores resultados, pero se debe tener en cuenta que los hidrofugantes es un material que es repelente a sistemas acuosos, pero no a sistemas con base de solventes; en la ilustración 24 se aprecia la hidrofugación de un edificio residencial” (Díaz, 2012).



Ilustración 24. Hidrofugación de muro. Tomado de <http://mantenimientoyobrascivilesnyl.com/>

6.4.4 Tanques y Piscinas

Estas estructuras deben tener una impermeabilización absoluta y por lo tanto es un conjunto de un buen diseño estructural, como también de una ejecución cuidadosa. Se busca obtener en el concreto la impermeabilización completa para poder contener el líquido en el interior de la estructura, ante la fuga en la estructura se puede encontrar concretos de secado casi inmediato que van a reparar las fugas sin tener que desocupar el tanque o la piscina; en la ilustración 25 se observa un proceso de impermeabilización en una piscina.

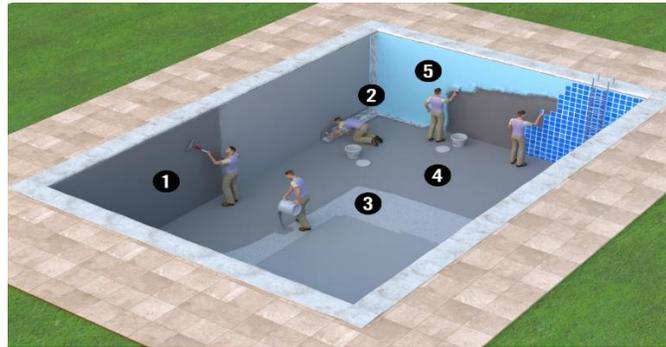


Ilustración 25. Impermeabilización de piscinas. Tomado de <https://www.diasen.com>

La ilustración 26 muestra un tanque de gran tamaño en el cual no se encuentra ningún tipo patología por humedad en el concreto, si no por el contrario se encuentra en perfecto estado.

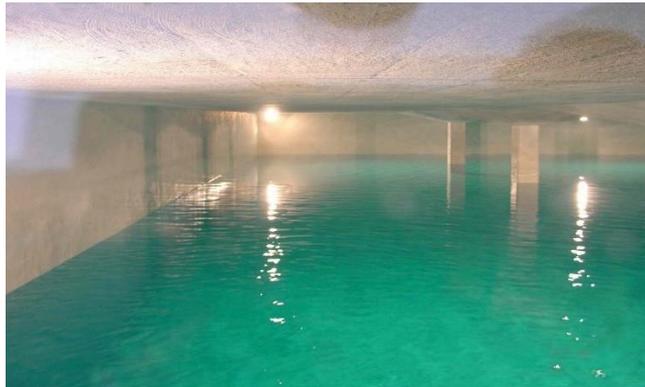


Ilustración 26. Impermeabilización de tanques. Tomado de <https://col.sika.com>

6.5 MANTENIMIENTO

El mantenimiento debe ser orientado al envejecimiento normal de la construcción y se debe seguir recomendaciones básicas, todos los productos poseen diferentes recomendaciones desde su colocación hasta el mantenimiento y si se desea que cada producto ofrezca sus mejores resultados, se debe seguir cada una de las

indicaciones al pie de la letra. Por lo tanto, no hay mucho que aportar ya que cada material diferente que se seleccione tendrá mantenimiento establecido, se recomienda investigar el costo que tendrá el mantenimiento ya que debe ser considerado desde los diseños de la estructura.

7. CONCLUSIONES

- La impermeabilización tiene una gran importancia en la construcción, pero no se le da suficiente atención en la enseñanza de esta, debido a que un mal procedimiento puede generar pérdidas importantes de dinero.
- No existen fórmulas exactas para escoger el sistema de impermeabilización, cada caso es diferente. Se debe analizar cada uno de los factores a tomar en cuenta en la impermeabilización para tomar la opción más adecuada.
- La gran variedad de productos que existen en el mercado facilita la selección del sistema de impermeabilización más adecuado; ya que, para cada circunstancia, posiblemente existirá más de un producto con el cual pueda tener una impermeabilización óptima.
- No siempre el sistema de impermeabilización más costoso es el mejor en la obra, dependerá del uso de esta, el presupuesto y los factores externos.
- La correcta colocación del sistema de impermeabilización es fundamental para un óptimo funcionamiento de este, ya que un buen diseño es solo una parte del funcionamiento, debe ser un trabajo en equipo y ambas partes deben hacerlo de manera óptima.
- Cada producto viene con instrucciones de parte del fabricante las cuales son necesarias cumplir para poder obtener el resultado deseado; siendo obligación por parte del fabricante entregarle toda la información al cliente.
- Siempre es más costoso tener que arreglar un problema de infiltración respecto a prevenirlo en el momento del diseño de obra.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las personas que deseen continuar con la investigación, se enfoquen en los procesos prácticos en la impermeabilización, como lo pueden ser:

- Las principales faltas que se cometan en el diseño de un sistema de impermeabilización.
- Las principales dificultades que se presentan en obra para aplicar un sistema de impermeabilización.
- Los principales errores que cometa los obreros al momento de la colocación de los impermeabilizantes.
- Consultar la cantidad de estructuras a las que les fue aplicado el producto óptimo para las necesidades de obra.
- Factores que provocan una mala impermeabilización en obra.

Ya que esta investigación está enfocada a los factores que afectan la impermeabilización de manera teórica y se podría complementar con estudios enfocado de los procesos prácticos en obra.

9. REFERENCIAS

- Diaz, I. J. (2012). *Sistema de impermeabilizacion*. Bogota: ACI.
- Motta, O. O. (2016). *COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LA APLICACIÓN DE MATERIALES FLEXIBLES*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Muñoz Agudelo , J. C., & Cardona Garcia, C. M. (2012). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y TRATAMIENTO*. Universidad Libre de Pereira.
- PEREZ, L. E. (2016). *DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS*. Universidad Catolica los angeles Chimbote.
- Prada, C. A. (2018). *AFECCIONES DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y ACERO*. Universidad Industrial de Santander.
- Rojas Pedroza, L. M., Agredo Chavez, H. D., Garcia Meza , L., & Figueroa Puello, C. (2017). *IDENTIFICACION DE PROBLEMAS DE FILTRACIONES EN*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Salinas, Q. C. (2011). Conceptos básicos de la corrosión. *Ingenio libre*.
- Valero, J. C., & Narvaez, L. F. (2018). *ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN Y SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE*. Universidad catolica de colombia .