

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DESARROLLO DE UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE  
BAJO COSTO PARA LA PROTECCIÓN DE LOSAS DE  
CONCRETO CONTRA LA HUMEDAD Y  
LA FILTRACIÓN DE AGUA**

**Realizado por:**

**Br. Lárez H., Mónica D.**

**Br. Rodríguez P., Oriana G.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito  
parcial para optar al Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Cantaura, julio de 2024

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DESARROLLO DE UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE  
BAJO COSTO PARA LA PROTECCIÓN DE LOSAS DE  
CONCRETO CONTRA LA HUMEDAD Y  
LA FILTRACIÓN DE AGUA**

**Revisado por:**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Álvarez', written over a horizontal line.

**Prof. Álvarez, Jesús  
Tutor Académico**

Cantaura, julio de 2024

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



DESARROLLO DE UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE  
BAJO COSTO PARA LA PROTECCIÓN DE LOSAS DE  
CONCRETO CONTRA LA HUMEDAD Y  
LA FILTRACIÓN DE AGUA

El jurado hace constar que ha asignado a esta tesis la calificación de:

**APROBADO**

Prof. Prado, Gabriela  
Jurado Principal

Jurado calificador:

Prof. Serrano, Guillermo  
Jurado Principal

Cantaura, julio de 2024

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente:

***“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participará al Consejo Universitario, para su autorización”***



## **DEDICATORIA**

A mis padres, Carmen y Gilmer, mis fieles acompañantes, por guiarme e iluminar mi camino, por ayudarme a transformar mis obstáculos en grandes enseñanzas y por darme la fortaleza de lograr mis sueños.

A mi hermana, Laura, por darme su amor y apoyo incondicional, por acompañarme, por siempre creer en mí e impulsarme a cumplir mis metas.

A mi hija, Natalia, mi motor de vida, mi impulso para superarme cada día, mi fuerza para continuar con mis metas sin desfallecer.

A mi tía, Mileida, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Por sus oraciones, consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona.

A mi tutor, Jesús Álvarez, que con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo.

A mi amiga y compañera de tesis, Oriana, por aceptar este reto conmigo.

**Mónica D. Lárez H.**

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me ha dado la fortaleza, sabiduría y perseverancia para completar este proyecto, su amor y guía han sido mi luz en los momentos más desafiantes.

A mis padres, Yanedys Pérez y Omar Rodríguez, por su amor incondicional y constante apoyo durante este largo camino.

A mi novio, Anthony Almea quien me ha dado su apoyo y comprensión desde el inicio de la carrera.

A mi estimado tutor, Jesús Álvarez, por su orientación, paciencia y dedicación.

A mi compañera de tesis, Mónica Lárez, por su colaboración y apoyo.

A mis amigos y compañeros, Inés Martínez, José Rojas, Héctor Rojas, José Gómez y Jesús Gálea.

**Oriana G. Rodríguez P.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a Dios, por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres, Carmen y Gilmer, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades y por estar conmigo siempre.

A mi hermana, Laura, por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindo a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi hija, Natalia, que ha sido mi mayor bendición en la vida, llenándola de amor, alegría y propósito.

A mi tía, Mileida, y mis primas, Melanie y Vanessa, por estar siempre conmigo y apoyarme en todo momento. Han sido un soporte en mis peores momentos y acompañamiento en los mejores.

De manera especial a mi tutor de tesis, Jesús Álvarez, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A mi amiga y compañera de tesis, Oriana Rodríguez, por haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se nos presentaron durante todo este proceso.

A mis amigos y compañeros, Inés Martínez, José Gómez, José Rojas y Héctor Rojas, por apoyarme cuando más los necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día en todo este tiempo juntos.

Agradezco a la Universidad de Oriente y a los docentes de Ingeniería Civil, que con su sabiduría, conocimiento y apoyo me motivaron a desarrollarme como persona y como profesional.

**Mónica D. Lárez H.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a mi Dios, quien ha sido mi fuente de fortaleza y sabiduría, por haberme sostenido a lo largo de este camino académico. En los momentos de duda su amor incondicional han sido mi refugio, le agradezco por las oportunidades que me ha brindado, por las lecciones aprendidas y cada obstáculo superado.

A mi madre, Yanedys Pérez, y a mi padre Omar Rodríguez, por ser mis pilares fundamentales, por motivarme cada día a luchar por las cosas que quiero y por recordarme siempre de que la constancia es la base del éxito. Así como también aquellos familiares que fueron foco y me extendieron su mano en los momentos más desafiantes.

A mi novio, Anthony Almea, por su apoyo, comprensión, y motivación. Gracias por creer en mí, y por estar a mi lado en cada paso del camino.

A mi suegra, Ramona Valor, por también apoyarme, motivarme y cada día decirme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A mí querido profesor y tutor de tesis, Jesús Álvarez, por compartirnos sus conocimientos, por su disponibilidad constante para orientarnos, por su paciencia, sabiduría y compromiso, los cuales han dejado una huella en mi formación académica y personal. Sus enseñanzas han sido un fuente de inspiración y crecimiento, gracias por ser nuestro guía para la culminación de este proyecto.

A mi amiga y compañera de tesis, Mónica Larez, por su apoyo, compañerismo, y compromiso. Agradezco su valiosa contribución y la complicidad que nos ha llevado a superar este desafío juntas.

Finalmente, amigos y compañeros, por su compañerismo, comprensión y apoyo mutuo, los cuales han sido fundamentales a lo largo de esta carrera

**Oriana G. Rodríguez P.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN CANTAURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DESARROLLO DE UN ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE BAJO COSTO  
PARA LA PROTECCIÓN DE LOSAS DE CONCRETO CONTRA LA  
HUMEDAD Y LA FILTRACIÓN DE AGUA**

**Tutor:**

Prof. Álvarez, Jesús

**Autor (es):**

Br. Lárez, Mónica

Br. Rodríguez, Oriana

Fecha: julio de 2024

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación de tipo experimental, tuvo como objetivo principal, desarrollar un aditivo impermeabilizante de bajo costo para proteger losas de concreto de la filtración y humedad. Para la realización del mismo se tuvo que monitorear distintas mezclas con materiales anteriormente comprobados por su buena adherencia y variando los mismos hasta la obtención de la óptima, la cual fue sometida a diferentes pruebas para asegurar su calidad, todo esto bajo el seguimiento y cumplimiento de la norma americana ASTM D6083. Por otro lado, dentro del nivel de investigación se definió como explicativa y descriptiva, ya que se cumplió un proceso para el desarrollo del proyecto donde se comprobó el buen funcionamiento del aditivo impermeabilizante tanto en la parte interna como externa de las edificaciones, teniendo este las mismas características y propiedades que los expuestos en el mercado y de menor costo. El aditivo impermeabilizante fue probado en materiales como madera, láminas de zinc, PVC, mármol y granito, con la intención de demostrar otros usos, el cual cumplió con lo esperado.

**Palabras claves:** Aditivo, impermeabilizante, mezclas, materiales, propiedades.

## ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
RESUMEN .....	xi
INDICE GENERAL .....	xii
INDICE DE TABLAS .....	xvi
INDICE DE FIGURAS .....	xviii
INDICE DE GRÁFICAS .....	xixx
INTRODUCCIÓN .....	xxx
CAPÍTULO I .....	243
EL PROBLEMA .....	243
1.1 Planteamiento del problema .....	243
1.2 Objetivo General .....	26
1.2.1 Objetivos Específicos .....	26
1.3 Generalidades .....	267
1.3.1 Ubicación geográfica .....	267
1.3.2 Identificación de la empresa .....	268
1.4 Justificación .....	268
CAPÍTULO II .....	310
MARCO TEÓRICO .....	310
2.1 Antecedentes de investigación .....	310

2.2 Bases teóricas .....	31
2.2.1 Losas.....	31
2.2.2 Concreto.....	33
2.2.3 Consecuencias ocasionadas a la edificación por una mala o falta de impermeabilización.....	36
2.2.4 Otros daños más severos.....	38
2.2.5 Impermeabilizantes .....	39
2.2.6 Aditivos.....	44
2.2.7 Clasificación de aditivos impermeabilizantes .....	48
2.2.8 Características de los materiales impermeables .....	49
2.2.9 Propiedades físicas de la película líquida y curada .....	55
2.2.10 Sugerencias para impermeabilizar .....	56
2.2.11 Materiales empleados para la fabricación del aditivo .....	58
2.2.12 Fibra de vidrio.....	64
2.2.13 Definición de términos básicos.....	65
CAPÍTULO III .....	730
MARCO METODOLÓGICO .....	730
3.1 Tipo de investigación .....	730
3.2 Nivel de investigación .....	71
3.3 Diseño de la investigación .....	71
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	72
3.4.1 Técnicas de recolección de datos .....	72
3.4.2 Revisión documental .....	72

3.4.3 Observación directa.....	73
3.4.4 Entrevista .....	73
3.5 Instrumentos de recolección de datos .....	74
3.5.1 Diario y registros personales .....	74
3.5.2 Fotos y videos .....	74
3.5.3 Guía de encuestas .....	74
3.5.4 Cuadro comparativo .....	75
3.6 Herramientas .....	75
3.6.1 Computadora de escritorio .....	75
3.6.2 Programas.....	75
3.6.3 Teléfonos inteligentes.....	75
3.6.4 Herramientas de oficina.....	76
3.6.5 Herramientas de medición.....	76
3.7 Técnicas y análisis de procesamiento de datos .....	76
3.7.1 Análisis estadístico .....	76
3.7.2 Análisis de contenido.....	77
3.8 Flujograma de la metodología y su descripción.....	77
3.8.1 Descripción del flujograma de la metodología .....	79
3.9 Conclusiones y recomendaciones .....	88
CAPÍTULO IV.....	89
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	89
4.1 Identificación de los materiales más efectivos para la preparación de un impermeabilizante .....	89

4.2 Establecimiento de prototipo de mezcla óptima, variando la proporción en la elaboración del impermeabilizante para uso en losas de concreto...	95
4.3 Realización de pruebas experimentales para el estudio del comportamiento del impermeabilizante con respecto a la temperatura y ambientes húmedos según las normas (ASTM D 6083) .....	99
4.4 Clasificación de otros usos donde puede utilizarse .....	104
4.4.1 Ensayo con madera.....	105
4.4.2 Ensayo en cerámica .....	106
4.4.3 Ensayo en mármol y granito.....	107
4.4.4 Ensayo en láminas de zinc.....	108
4.4.5 Ensayo en fibra de vidrio .....	109
4.4.6 Ensayo en PVC .....	110
4.4.7 Ensayo concreto fraguado – concreto fresco .....	111
4.4.8 Ensayo en el interior de la edificación .....	111
4.5 Elaboración de un análisis de costo comparativo entre el impermeabilizante fabricado y un producto expuesto en el mercado, utilizando el programa comercial “Lulowin 2008” .....	112
CAPITULO V.....	12514
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	12514
5.1 Conclusiones .....	12514
5.2 Recomendaciones .....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
HOJAS DE METADATOS.....	12228

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de propiedad líquida .....	55
Tabla 2. Requisitos de propiedades físicas de la película para revestimientos acrílicos para techos .....	55
Tabla 3. Características físico-químicas del acetato de vinilo.....	58
Tabla 4. Propiedades físico-químicas del alcohol polivinílico .....	59
Tabla 5. Propiedades físicas del agua .....	60
Tabla 6. Características químicas del agua .....	60
Tabla 7. Características físicas de la celulosa .....	61
Tabla 8. Características químicas de la celulosa .....	61
Tabla 9. Características físico-químicas de los polvos redispersables .....	62
Tabla 10. Características físicas del cemento.....	63
Tabla 11. Características químicas del cemento .....	63
Tabla 12. Características físicas de la fibra de vidrio .....	65
Tabla 13. Descripción de materiales utilizados para el desarrollo del aditivo	90
Tabla 14. Nomenclatura y composición de las mezclas .....	92
Tabla 15. Nomenclatura y composición de las mezclas en porcentaje.....	94
Tabla 16. Resultados de mezclas realizadas para encontrar los materiales más efectivos para el desarrollo del aditivo impermeabilizante .....	96
Tabla 17. Ensayos del aditivo con diferentes proporciones .....	96
Tabla 18. Tiempo de falla del aditivo impermeabilizante .....	101
Tabla 19. Cantidad de material para cubrir 1m <sup>2</sup> .....	103
Tabla 20. Cuadro comparativo del costo del aditivo y otros productos. ....	113
Tabla 21. Comparación del precio con respecto al rendimiento .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la empresa Alexcar, C.A.....	27
Figura 2. Losa maciza.....	32
Figura 3. Losa Nervada .....	34
Figura 4. Techo con efecto de humedad y filtración .....	37
Figura 5. Deterioro del concreto reforzado por corrosión.....	39
Figura 6. Impermeabilizante rígido, cementoso .....	40
Figura 7. Impermeabilizante flexibles, acrílico .....	41
Figura 8. Impermeabilizante flexible, elastomérico .....	42
Figura 9. Impermeabilizante flexibles, lamina PVC.....	42
Figura 10. Impermeabilizante flexible, asfáltico en caliente .....	43
Figura 11. Impermeabilizante flexible, asfáltico en frío .....	44
Figura 12. Flujograma de la investigación .....	79
Figura 13. Materiales .....	80
Figura 14. Primeras muestras realizadas en laboratorio.....	81
Figura 15. Segundas muestras realizadas en laboratorio.....	81
Figura 16. Aplicación con malla de poliéster.....	83
Figura 17. Aplicación del producto.....	83
Figura 18. Aplicación de la mezcla óptima.....	84
Figura 19. Limpieza de la superficie .....	85
Figura 20. Aplicación de la mezcla optima con fibra de vidrio .....	85
Figura 21. Aplicando el ensayo de rendimiento .....	86

Figura 22. Ensayo de rendimiento .....	86
Figura 23. Comprobación de otros usos para el aditivo (Madera) .....	87
Figura 24. Grumos en la superficie .....	100
Figura 25. Falla en la adherencia.....	100
Figura 26. Muestra cambiando el método de aplicación .....	100
Figura 27. Mezcla óptima (M <sub>7</sub> ).....	101
Figura 28. Muestra M <sub>7</sub> .....	102
Figura 29. Ensayo en madera.....	105
Figura 30. Ensayo en cerámica .....	106
Figura 31. Ensayo en marmol .....	106
Figura 32. Ensayo en granito .....	106
Figura 33. Ensayo en láminas de zinc .....	108
Figura 34. Ensayo en fibra de vidrio .....	109
Figura 35. Ensayo en PVC .....	110

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_6$ ) para la determinación de la mezcla óptima.....	97
Gráfica 2. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_7$ ) para la determinación de la mezcla óptima .....	97
Gráfica 3. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_8$ ) para la determinación de la mezcla óptima.....	98
Gráfica 4. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_{11}$ ) para la determinación de la mezcla óptima .....	98
Gráfica 5. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla optima ....	102
Gráfica 6. Relación tiempo y porcentaje de gelado ensayo en madera .....	105
Gráfica 7. Relación tiempo y porcentaje de gelado ensayo en cerámica....	106
Gráfica 8. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en mármol y granito .....	107
Gráfica 9. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en láminas de zinc .....	108
Gráfica 10. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en fibra de vidrio .....	109
Gráfica 11. Relación tiempo y porcentaje de gelado ensayo en PVC.....	110
Gráfica 12. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo concreto fraguado – concreto fresco .....	111
Gráfica 13. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en el interior de la edificación.....	112

## INTRODUCCIÓN

Los impermeabilizantes son productos químicos que se utilizan para proteger las superficies de la humedad y la lluvia, evitando así la filtración de agua y otros líquidos. Estos productos son esenciales en la construcción de edificaciones, ya que permiten mantener la estructura en buen estado y evitar problemas que pueden afectar la calidad de vida de las personas.

Asimismo, estos pueden ser aplicados en diferentes tipos de superficies, como: techos, paredes, pisos y estructuras de concreto. Están disponibles en diferentes presentaciones, como: líquidos, membranas, pastas y pinturas. Además, existen diferentes tipos de impermeabilizantes, como: los acrílicos, los asfálticos, los de poliuretano y los de silicona, entre otros, cada uno con sus propias características y propiedades.

Es por eso que la elección del tipo de impermeabilizante adecuado dependerá de las necesidades específicas de cada proyecto, así como de las condiciones climáticas y ambientales en las que se encuentre la construcción. Es importante destacar que la aplicación de un impermeabilizante de calidad puede prolongar la vida útil de las estructuras y evitar gastos innecesarios en reparaciones y mantenimiento.

En la actualidad, la impermeabilización ha experimentado avances significativos en términos de tecnología y materiales utilizados. Los impermeabilizantes modernos ofrecen soluciones más eficientes y duraderas para proteger las superficies de la humedad y la filtración de agua. Por otro lado, existe la condición del costo de los impermeabilizantes hoy en día, a parte que no son duraderos como especifican.

Con respecto a lo anterior, SIKA es una empresa que posee la mayor cantidad de productos impermeabilizantes, cuenta con una amplia gama de sistemas de impermeabilización para diferentes aplicaciones, como túneles, puentes, sótanos o terrazas, estos sistemas están diseñados para cumplir con los requisitos más exigentes en la impermeabilización de estructuras, aumentando su durabilidad sin contar con el alto costo de las mismas.

Por tal motivo, este impermeabilizante desarrollado con materiales de bajo costo es una opción eficiente, ya que cumple con todas las características de otros expuestos en el mercado, como la adherencia, fácil aplicación, durabilidad, entre otras, todo esto comprobado por las distintas pruebas que se realizaron en concreto y otras superficies.

Es por ello, que optar por utilizar un impermeabilizante de bajo costo al momento de realizar una construcción o reparar alguna fisura puede convertirse en la solución más factible cuando se habla tanto del presupuesto, como también en caso de la eficacia al momento de la fácil aplicación y seguridad del producto.

En otras palabras, el propósito de este proyecto fue identificar los materiales que cumplan con los requisitos para desarrollar el impermeabilizante. Para esto se siguieron especificaciones de normas como la ASTM D6083, trabajos y tesis que comprueban la eficacia de algunos materiales, tanto la durabilidad como adherencia, entre otros factores importantes. El aditivo fue probado también en otras superficies como: madera, PVC, zinc, mármol y granito, volviendo el producto totalmente comercial. Dicho esto, la presente investigación consta con los siguientes capítulos:

**Capítulo I El problema:** En este se detalla de forma específica el planteamiento del problema, los objetivos, los alcances de la investigación, las generalidades, la cual incluye la ubicación exacta del lugar donde se realizaron los ensayos para el desarrollo del proyecto y por último la justificación del mismo.

**Capítulo II Marco Teórico:** En este se expone distintos autores que realizaron trabajos y tesis, los cuales ayudaron al desarrollo del proyecto, como también algunas bases teóricas para comprender definiciones respecto a la investigación, por último conceptos básicos usados a lo largo de este trabajo.

**Capítulo III Marco Metodológico:** En este se define como se desarrolló metodológicamente el proyecto, explicando el tipo, diseño y nivel de investigación, las distintas técnicas utilizadas e instrumentos de recolección de datos. Por último se detalla el cómo se efectuaron las etapas de los objetivos del proyecto.

**Capítulo IV Análisis de los resultados:** Este presenta los resultados obtenidos de las distintas pruebas realizadas sujetas a las etapas ya planteadas en el capítulo anterior, especificadas en tablas, imágenes y graficas en las cuales se comprueba el buen funcionamiento del aditivo impermeabilizante.

**Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones:** En este último se muestran las conclusiones y recomendaciones facilitadas por los resultados obtenidos de las etapas anteriores. Para finalizar se anexan imágenes e información que detallan las distintas pruebas realizadas a lo largo del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La humedad y la filtración representan problemas frecuentes en edificios y viviendas, ocasionados por la entrada de agua desde el exterior hasta el interior de las estructuras. Este fenómeno se manifiesta principalmente a través de grietas en los muros, techos en mal estado o juntas en las ventanas mal selladas, siendo la mala impermeabilización, falta de aislamientos o superficies defectuosas las principales causas.

Las filtraciones en edificaciones pueden causar diversos problemas, como el deterioro de la pintura interior, daños en el cableado eléctrico y afectar pisos y muebles. Además, el aumento de la humedad puede propiciar la proliferación de hongos, ácaros, malos olores, y microorganismos, representando riesgos tanto para los habitantes como para la integridad del inmueble.

La acumulación de agua en el concreto puede provocar filtraciones, las cuales, al llegar hasta las armaduras, desencadenan un proceso de oxidación. Esto quiere decir, que el acero se descompone gradualmente, lo que produce un aumento de volumen que ejerce presión sobre el concreto. Como resultado, el concreto cede a esta presión y se agrieta o fisura.

Actualmente, existe una limitada cantidad de productos impermeabilizantes en el mercado, los cuales requieren mantenimiento a

corto, mediano y largo plazo, sin tomar en cuenta el alto costo. Por otra parte, se sabe que estos productos no funcionan para todo tipo de superficie, lo que limita aún más las opciones, procediendo a buscar soluciones alternativas, con materiales poco prácticos, que no pueden brindar los resultados esperados. También existe el hecho de que algunos impermeabilizantes no permiten la posibilidad de la continuación del proceso constructivo sin antes tener que eliminar la totalidad del producto.

Ante el problema planteado se desarrolló un aditivo impermeabilizante, bajo los lineamientos establecidos en la norma americana *Standard Specification for Liquid-Applied Acrylic Coating Used in Roofing* (ASTM D-6083). Además, se empleó información de tesis e investigaciones previas, como las realizadas por Girón y Ramírez (2016), y Rodríguez (2015) quienes llevaron a cabo estudios, ensayos e instructivos para modernizar y mejorar el uso de los impermeabilizantes.

En primer lugar, para llevar a cabo este proyecto, se identificaron los materiales más efectivos para el desarrollo del impermeabilizante. Una vez determinados, se realizaron distintas pruebas variando las cantidades de dichos materiales, observando y midiendo su rendimiento, todo esto con el objetivo de obtener la mezcla óptima. Una vez obtenido el producto, se procedió a aplicarlo en diversas superficies para determinar sus posibles usos. Por último, se realizaron comparaciones con otros productos disponibles en el mercado con el fin de evaluar la viabilidad económica del proyecto, llevando a cabo un análisis de costos mediante el programa comercial "Lulowin 2008".

Este proyecto se enfocó en la búsqueda de los materiales adecuados para la obtención de la mezcla óptima con el objetivo de proteger las losas de concreto de la filtración y la humedad. Además, se llevaron a cabo pruebas de la mezcla en diferentes superficies, como el concreto, madera, zinc, cerámica, PVC, entre otros, para evaluar su capacidad de adhesión y protección de los elementos. Finalmente se realizó un análisis de costos asociados a la producción del impermeabilizante para determinar su viabilidad o factibilidad económica.

Con esta investigación sin precedentes, se buscó abordar la problemática de filtración y humedad que afecta a las edificaciones a lo largo de su vida útil. El objetivo es ofrecer una solución innovadora que sea tanto económica como eficaz. Además, se obtuvieron resultados positivos al aplicar el producto en diferentes tipos de materiales, abordando así diversas problemáticas relacionadas.

Por consiguiente, la necesidad de desarrollar un aditivo impermeabilizante de bajo costo que ofrezca una protección duradera y confiable para losas de concreto es crucial. Es por ello, que esta investigación permitió no solo ahorrar costos de construcción y mantenimiento, sino también prolongar la vida útil de las estructuras de concreto, así garantizar su integridad a lo largo del tiempo.

Cabe resaltar que, este proyecto podría facilitar futuras investigaciones, así mismo el aditivo impermeabilizante siendo accesible y eficaz podría tener impacto significativo en la industria de la construcción, mejorando la sostenibilidad de los proyectos, como también brindar una mayor tranquilidad a los usuarios de edificios e infraestructura.

## **1.2 Objetivo General**

Desarrollar un aditivo impermeabilizante de bajo costo para la protección de losas de concreto contra la humedad y la filtración.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

- Identificar los materiales más efectivos para la preparación de un impermeabilizante.
- Establecer un prototipo de mezcla óptima, variando la proporción en la elaboración del impermeabilizante para el uso en losas de concreto.
- Realizar pruebas experimentales para el estudio del comportamiento del impermeabilizante con respecto a la temperatura y ambientes húmedos según las normas (ASTM D 6083).
- Clasificar otros usos donde puede utilizarse.
- Elaborar un análisis de costo comparativo entre el impermeabilizante fabricado y un producto expuesto en el mercado, utilizando el programa comercial "Lulowin 2008".



### **1.3.2 Identificación de la empresa**

La Empresa Concretos Decorativos Alexcar, C.A. se dedica a la fabricación de prefabricados en concreto como columnas, balaústres, jardineras para ventanas, machones, pasamanos, pináculos, bancos, entre otros, destinados a satisfacer la demanda local, participando así de manera significativa en el desarrollo de la zona.

En cuanto al desarrollo del impermeabilizante, la empresa dispone de las herramientas y materiales necesarios en sus instalaciones. Además, cuenta con una edificación que presenta filtraciones en el techo, las cuales fueron utilizadas para poner a prueba el producto a la intemperie. Asimismo, se han empleado diversos materiales, como madera, PVC, láminas de zinc, entre otros, para probar la efectividad del impermeabilizante.

### **1.4 Justificación**

Los aditivos impermeabilizantes han sido uno de los productos más usados en las construcciones a lo largo del tiempo, actualmente existen muchos capaces de cumplir con las necesidades de los usuarios, aunque no todos son duraderos o efectivos cuando se habla de adherencia a distintas superficies como plástico, material del cual están hechos algunos tanques destinados al almacenamiento de agua y tuberías.

Por otra parte, los aditivos impermeabilizantes suelen ser muy costosos por el motivo de cubrir eficazmente problemas puntuales como las grietas que producen la filtración, causa de distintos factores externos. Es por ello la necesidad de obtener un aditivo impermeabilizante de bajo costo, funcional a largo plazo y aplicable en cualquier tipo de superficie.

Por tal motivo, se decidió desarrollar el aditivo impermeabilizante con el objeto de cumplir con las necesidades de los usuarios, un producto capaz de satisfacer a largo plazo todo lo referente a los problemas de humedad y filtración en las edificaciones, y tanques de almacenamiento de agua. Se creó un producto de fácil acceso por su bajo costo y fácil aplicación. Al mismo tiempo, fue desarrollado bajo las respectivas normas y probado en ensayos que corroboran el funcionamiento de la misma.

Al mismo tiempo, cabe destacar que puede ser usado en distintos materiales con superficies tanto rugosas, como lisas y con la capacidad de adherirse al concreto fresco, lo cual permite la continuidad del proceso constructivo eliminando la necesidad de raspar el producto. Esta característica representa una innovación en comparación con los métodos tradicionales como los impermeabilizantes asfálticos que requieren la remoción completa del producto para proseguir con la construcción.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Para el desarrollo de este proyecto se hizo una revisión de estudios previos, a través de investigaciones relacionados con los inconvenientes que se presentan debido a la presencia de la humedad y filtraciones de agua en losas de concreto. Estos estudios proporcionan un contexto y fundamentación teórica para el desarrollo de la investigación. Entre las referencias se pueden mencionar las siguientes:

#### **2.1 Antecedentes de investigación**

Rodríguez (2015), en su investigación tuvo el objetivo primordial de hacer un estudio de eficiencia sobre el uso de aditivos impermeabilizantes por cristalización en comparación con el uso de métodos tradicionales de impermeabilización, dada en costos, pruebas de absorción durabilidad, resistencia, entre otros. El nivel de investigación fue cualitativo y con un diseño experimental. En donde se concluyó que es posible mejorar las características de impermeabilidad en el concreto al incorporar el aditivo. El cual tuvo un aporte en esta investigación para evaluar el comportamiento de un aditivo impermeabilizante al entrar en contacto con el concreto.

Asimismo, Girón y Ramírez. (2016), realizaron ensayos, estadísticas, guías e instructivos, acerca de los procedimientos requeridos para realizar una óptima impermeabilización. Dónde consideran que el sistema de impermeabilización tiene como objetivo, preservar, cuidar y proteger la vida

útil de las edificaciones acertado con un adecuado diseño, con elección correcta de materiales e instalación y aplicación efectiva de los impermeabilizantes. Esta investigación sirvió de aporte porque detalla los procedimientos para realizar una óptima impermeabilización y a escoger algunos materiales para la elaboración del producto y así evitar cualquier causa posible de filtraciones de agua.

Por otro lado, Bonett y Pérez (2023), realizaron la fabricación de un pegamento para anclajes de acero estructural en concreto fraguado utilizando materiales de bajo costo, con la finalidad de poder unir piezas en estructuras ya terminadas, en las cuales el concreto se encuentra en su máxima resistencia.

Se obtuvo que el pegamento fabricado cumple correctamente, superando la resistencia del concreto y el mismo posee características similares a los productos para anclajes químicos expuestos en el mercado, llevando ventaja de los pegamentos ya existentes en cuanto a soportar altas temperaturas, y siendo este un producto mucho más económico. Su aporte a esta investigación fue de gran importancia debido a la información que posee respecto a los materiales, como la celulosa, alcohol polivinílico y el acetato de vinilo los cuales son fundamentales para el desarrollo de este aditivo impermeabilizante.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Losas**

Según Londoño (2021), “las losas son los elementos que hacen factible la existencia de los pisos y techos de una edificación. Son unos de los

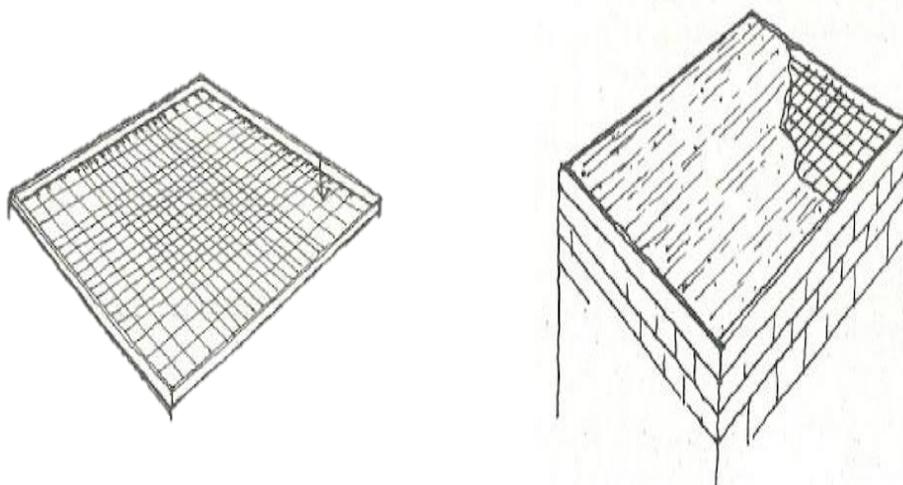
elementos de mayor cuidado que requieren detalles en todo su proceso, para así evitar grietas o daños.” En este proyecto se buscara evitar y solucionar esos posibles daños por filtración que puedan ocurrir a lo largo de su vida útil.

### 2.2.1.1 Tipos de losas

González (2023), las define como:

- **Losas macizas**

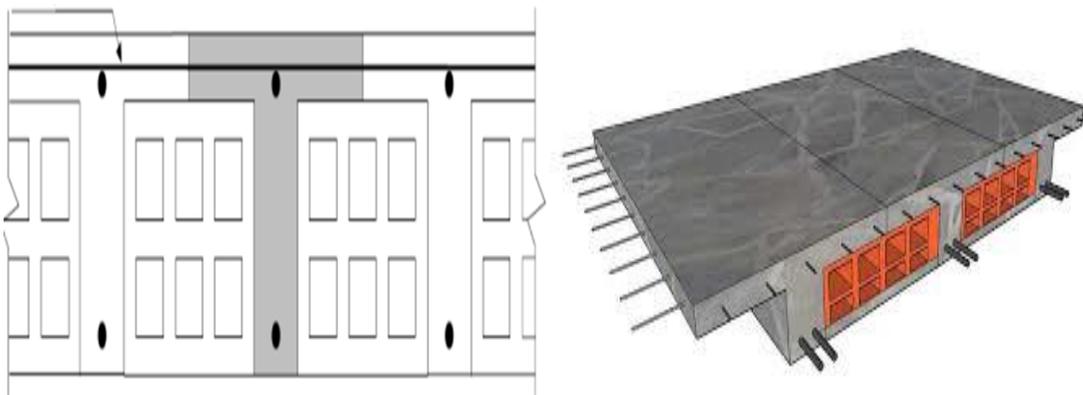
“Las losas macizas, son diseñadas como vigas de ancho unitario. Este tipo de estructuras no son convenientes si se trata de salvar luces grandes, pues resultan muy pesadas y antieconómicas. Tienen poca rigidez y vibran demasiado. Debido a su poco peralte, requieren mucho refuerzo longitudinal y si éste se incrementa para disminuir la cantidad de acero e incrementar su rigidez, el peso propio aumenta considerablemente” (s/p). (Ver figura 2)



**Figura 2. Losa maciza**  
**Fuente:** ARQZON (2021)

- **Losas nervadas**

“Están constituidas por una serie de pequeñas vigas T, llamadas nervaduras o viguetas, unidas a través de una losa de igual espesor que el ala de la viga. Son más ligeras que las losas macizas y de rigidez equivalente, lo que les permite ser más eficiente para cubrir grandes luces” (s/p). (Ver figura 3)



**Figura 3: Losa Nervada**  
Fuente: Pdfcoffee (2024)

### 2.2.2 Concreto

Para Porrero (2014), “el concreto es el material más utilizado en la construcción, debido a sus propiedades y a su economía, es un producto pastoso y moldeable, que tiene la capacidad de endurecer con el tiempo, está constituido principalmente por dos componentes, los agregados y la pasta. Los agregados se clasifican en finos (arena) y en gruesos (gravas). La pasta está constituida por agua, y un producto aglomerante o conglomerante, como lo es el cemento. El agua se encarga de dar fluidez a la mezcla y de

reaccionar químicamente con el cemento, dando lugar con ello, a su endurecimiento” (s/p).

### **2.2.2.1 Propiedades principales del concreto**

Según el blog Dearquitectura (s.f.), dice que “las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras”. Entre sus principales características están: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad.

- **Trabajabilidad:** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. Una buena trabajabilidad, garantiza que el concreto pueda ser moldeado y compactado adecuadamente para lograr una estructura resistente y duradera.
- **Cohesividad:** Es una propiedad importante del concreto, ya que afecta su resistencia y durabilidad. La cohesividad depende de la cantidad de agua utilizada en la mezcla, así como de la calidad y cantidad de los materiales agregados, como la arena y grava. Un concreto con alta cohesividad tendrá una mejor resistencia a la segregación y será más fácil de manipular durante la construcción.
- **Durabilidad:** Se refiere a la capacidad que tiene el concreto para resistir el deterioro y mantener sus propiedades físicas y químicas a lo largo del tiempo, en presencia de factores como la exposición a la intemperie, la humedad, los agentes químicos, y otros elementos que

podrían causar daños. La durabilidad del concreto para garantizar que las estructuras construida con este material tenga una vida útil prolongada y mantengan su integridad estructural. Dicho de otra manera, la durabilidad del concreto se relaciona con su capacidad para resistir la corrosión, la abrasión, la figuración y otros tipos de deterioro.

- **Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

#### 2.2.2.2 Estados del concreto

Según el blog Dearkiyectura (s.f.), los estados del concreto son:

- **Estado fresco:** Es la etapa en la que el concreto ha sido recién mezclado y colocado, durante este estado el concreto es maleable y puede ser moldeado o manipulado de acuerdo a las necesidades de la construcción. Es importante trabajar con el concreto en su estado fresco para asegurar una correcta colocación y compactación, lo que garantiza la resistencia y durabilidad del material una vez que ya haya endurecido.
- **Estado fraguado:** Es la etapa que sigue al estado fresco, en la cual el concreto ha empezado a endurecerse. Durante este estado el concreto ha perdido su plasticidad y ha adquirido cierta rigidez. Aunque el concreto a un no a alcanzado su máxima resistencia, ya no es maleable y no se puede trabajar o moldear de la misma manera

que en el estado fresco. El estado de fraguado es crucial para su desarrollo y posterior resistencia, por lo que es importante monitorear este proceso de cerca durante la construcción.

- **Estado endurecido:** Se refiere a la etapa en la que el concreto ha completado su proceso de fraguado y ha alcanzado una resistencia inicial. Durante esta etapa el concreto a adquirido la dureza necesaria para soportar cargas y resistir tensiones. Algunas características del concreto en estado endurecido incluyen su resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, durabilidad permeabilidad y apariencia superficial.

### **2.2.3 Consecuencias ocasionadas a la edificación por una mala o falta de impermeabilización**

#### **2.2.3.1 Humedad**

García (2017), “la humedad es aquella que se genera cuando el agua se filtra a través de las paredes y losas, que por lo general producen manchas de humedad en las paredes interiores de las edificaciones. Es por este motivo la importancia de realizar una buena impermeabilización, y así evitar este tipo de fallas a largo plazo”. (s/p).

#### **2.2.3.2 Filtraciones**

Zaruma (2022), “Las filtraciones son efectos causados por el paso del agua, a través de elementos que no han sido correctamente impermeabilizados, y son unas de las principales causas del deterioro tanto

en losas como en paredes, por lo que es necesario realizar aditivos impermeabilizantes para prevenir y corregir estos problemas” (s/p).

### **2.2.3.3 Efectos de humedad y filtración en losas de concreto**

Según López (2017), expresa que la humedad “afecta negativamente no solo el aspecto de la propiedad porque deteriora los materiales de la edificación y crea ambientes insalubres, sino también a las personas con problemas de reumatismo, asma u otro tipo de alergias. Los efectos de filtraciones tienden a dañar el aspecto estético, la resistencia y valor de las edificaciones afectando el confort de los ocupantes y produciendo daños tales como plagas de insectos, hongos y en peor de los casos fallos de construcción”. Algunas de estas consecuencias serían:

- Degradación de los materiales de la obra.
- Corrosión de las armaduras.
- Pérdida de la capacidad aislante debido a la adquisición de una mayor conductividad térmica.
- Transmisión de vapor de la humedad del muro al ambiente adyacente.
- Deterioro de las redes de servicio (cableado eléctrico, caños).
- Ambiente insalubre por la proliferación de hongos y microorganismos.

Es fundamental tratar los materiales de la construcción con los productos indicados para evitar estos problemas y aislar de la mejor manera los ambientes contra los ataques de la humedad y filtraciones. (Ver figura 4)



**Figura 4. Techo con efecto de humedad y filtración**

**Fuente:** Autoras (2023)

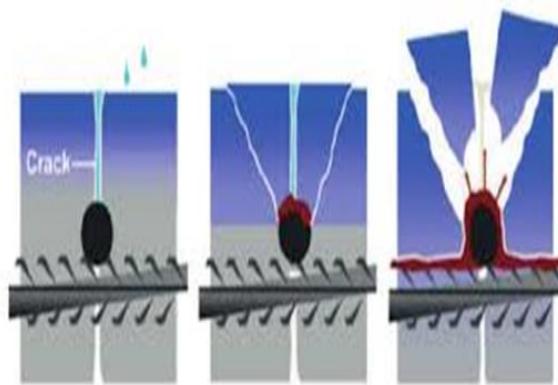
#### **2.2.4 Otros daños más severos**

##### **2.2.4.1 Corrosión al acero**

La terminología de la ASTM G15, define la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, usualmente un metal y su medio ambiente, que produce un deterioro del material y de sus propiedades”. Para el acero embebido en el concreto, la corrosión da como resultado la formación de óxido que tiene entre 2 y 4 veces el volumen del acero original y la pérdida de sus óptimas propiedades mecánicas. La corrosión además produce descascaramiento y vacíos en la superficie del refuerzo, reduciendo la capacidad resistente resultado de la reducción de la sección transversal.

El concreto reforzado utiliza acero para aportarle las propiedades de resistencia a la tracción que son necesarias en el concreto estructural. Esto evita la falla de las estructuras que están expuestas a fallas por tensión y flexión debido al tráfico, los vientos, las cargas muertas y los ciclos térmicos. Sin embargo, cuando el acero se corroe, la formación de óxido conduce a la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto y la subsecuente de laminación y exfoliación; si esto se ha dejado sin revisar, la integridad de la estructura puede verse afectada.

El acero en el concreto se encuentra usualmente en condición pasiva, no corroído. Sin embargo, el concreto reforzado con acero es frecuentemente utilizado en ambientes severos donde está presente el agua. Cuando los cloruros se mueven dentro del concreto, provocan la ruptura de la capa pasiva de protección al acero, causando que éste se oxide y delamine. (Ver figura 5)



**Figura 5. Deterioro del concreto reforzado por corrosión**  
Fuente: Toxement (2015)

### 2.2.5 Impermeabilizantes

Según el blog Racsa (2020), “son sustancias que detienen el agua, impidiendo su paso, y son utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos, su función es la de eliminar o reducir la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio. Los impermeabilizantes químicos como se conocen hoy en día, fueron inventados en Suiza en 1910 por el inventor y empresario suizo Kaspar Winkler, quien fundo lo que hoy en día es Sika AG”. (s/p). Producto que se tomará como referencia.

### **2.2.5.1 Tipos de impermeabilizantes**

Según el blog Max (2022), Existen dos tipos de impermeabilizaciones:

#### **2.2.5.1.1 Rígidas**

Se llama así, porque se utiliza cemento + aditivos.

- **Cementoso**

El revestimiento de cemento es un polvo que tiene arena, químicos orgánicos e inorgánicos, y sustancias basadas en sílice. Los ingredientes activos se combinan con cal, causando una reacción de hidratación, lo que crea un sello a prueba de agua. Es un material de impermeabilización muy fácil de usar y aplicar, es su mayor ventaja. Pero como punto negativo se puede mencionar su falta de flexibilidad.

Es importante destacar, que tiene una excelente adhesión sobre el concreto puesto que está diseñado para este tipo de superficies. Se usa en cimientos, paredes, aceras y pasarelas. De igual modo, es una buena opción también para aquellas áreas que se ven sometidas de manera constante al agua, como piscinas o tanques, entre otros. (Ver figura 6)



**Figura 6. Impermeabilizante rígido, cementoso**  
**Fuente: MN Del Golfo (2024)**

#### **2.2.5.1.2 Flexibles**

Se encuentran los siguientes: Acrílicos, elastómeros, láminas de PVC y asfalto.

- **Acrílicos**

Son los más comunes y versátiles. Están compuestos por resinas acrílicas y ofrecen una buena protección contra el agua y los rayos UV. Son sustancias líquidas cuando se aplica, que después de secarse forman una película elástica que impide la infiltración del paso del agua. Los impermeabilizantes acrílicos son formulados desde polímeros. Al aplicarse su penetración en el material es mínimo entonces se considera un sellador con apariencia de película. Estos productos difieren en menor medida según el fabricante pues cada uno tiene compuestos patentados. (Ver figura 7)



**Figura 7. Impermeabilizante flexibles, acrílico**  
**Fuente:** Copernit (2019)

- **Elastomericos**

El impermeabilizante elastomérico es un material que impide el paso del agua y la humedad, lo que permite mantener seco el interior de los espacios que protege. A su vez, un impermeabilizante de este tipo cuenta con una gran elasticidad que le permite expandirse y moverse en conjunto con la estructura según los cambios de temperatura. Además, cuenta con la capacidad de auto repararse y volver a su forma original por lo que no se cuelega o desprende después de expandirse. Esta capacidad hace que rellene mejor los espacios porosos para evitar las filtraciones. (Ver figura 8)



**Figura 8. Impermeabilizante flexible, elastomérico**  
**Fuente:** Maxacero (2022)

- **Laminas PVC**

Las láminas de PVC (cloruro de polivinilo), es un material perfecto para todo tipo de impermeabilizaciones debido a su resistencia y durabilidad en entornos húmedos, pero además es muy económico, por lo que se encuentra habitualmente en la gran mayoría de impermeabilizaciones. El PVC es flexible, resistente y es difícil que se rompa y desgarre. En caso de que sea necesario, también es fácil soldar diferentes láminas para construir una de mayor tamaño. (Ver figura 9)



**Figura 9. Impermeabilizante flexibles, lamina PVC**

**Fuente: AM GROUP (2024)**

- **Asfálticos**

**Caliente:**

Los impermeabilizantes asfálticos en caliente son productos que requieren ser calentados a altas temperaturas (180 a 190°C). Están compuestos por asfaltos modificados por un proceso de oxidación, y suelen presentarse en forma sólida o semisólida, y al ser calentados, se vuelven líquidos y más fluidos, lo que facilita su aplicación y penetración en la superficie a impermeabilización. (Ver figura 10)



**Figura 10. Impermeabilizante flexible, asfáltico en caliente**  
**Fuente:** Pasaimper (2023)

### **Frio:**

Los impermeabilizantes asfálticos en frío son productos para prevenir la filtración de agua y la humedad en superficies horizontales, verticales e inclinadas de concreto. Estos impermeabilizantes están compuestos de asfalto, rellenos minerales, fibras naturales y solventes, se aplican a temperatura ambiente lo que los hace más convenientes y seguros para su manipulación, suelen venir listo para usar y no requieren calor adicional para su aplicación.



**Figura 11. Impermeabilizante flexible, asfáltico en frío**  
**Fuente:** Pasaimper (2023)

### **2.2.6 Aditivos**

Gutiérrez (2013), afirma que “un aditivo es un material diferente a los normales en la composición del concreto, es decir, que se agrega inmediatamente, antes, después o durante la realización de la mezcla, con el propósito de mejorar las propiedades del concreto, tales como la resistencia, manejabilidad, durabilidad. Los aditivos contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos, el calor de hidratación, entre otros”.

#### **2.2.6.1 Historia de los aditivos**

Chávez, & Lázaro (2022), afirman que “la utilización del primer aditivo impermeabilizante se remonta a los años 1910 por el fundador suizo de la marca Sika Kaspar Winkler. El primer aditivo impermeabilizante utilizado fue el Sika 1, este aditivo se aplicó en el túnel del Gotardo entre los años 1910 - 1935 impermeabilizando 67 túneles ferroviarios en Suiza”.

Entre los años de 1926 y 1928 Kaspar Winkler decidió expandir su empresa y llevarla a otros países como Inglaterra, Italia y Francia. En 1935 la marca Sika tenía presencia internacional, se 67 encontraba en otros continentes como Sudamérica, Europa y Asia. En la actualidad, Sika se mantiene como líder indiscutible en productos químicos para la construcción.

#### **2.2.6.2 Uso de los aditivos**

Según Umiri (s.f.), los aditivos tienen muchas aplicaciones y se utilizan para lograr mejorar las propiedades fisicomecánicas de los concretos, entre sus principales beneficios se tienen:

- Mejorar la trabajabilidad sin afectar la relación a/c.

- Reducir segregación.
- Acelerar la resistencia la compresión en edades tempranas.
- Reducir la permeabilidad.
- Reducir la cantidad de agua del concreto sin afectar su trabajabilidad.
- Impermeabilización de concreto para obras hidráulicas.

### **2.2.6.3 Tipos de aditivos**

Según Umiri (s.f.), los tipos de impermeabilizantes son:

- **Plastificantes**

Se utilizan para concretos de alta resistencia donde la relación agua cemento se encuentra entre 0.40, el efecto que realiza en el concreto es lograr obtener concretos de alta resistencia si afectar la resistencia proyectada. Su empleo ayuda además a minimizar la exudación y a disminuir la segregación, siempre y cuando sea bien colocado.

- **Superplastificantes**

Son aditivos de una categoría superior a lo de los plastificantes. Permiten dosificaciones hasta 5 veces mayores sin alterar significativamente el tiempo de fraguado, ni el contenido de aire en el concreto. Se encarga de distribuir homogéneamente los agregados dentro de la mezcla de concreto y ayuda a la reducir la necesidad de agua en la mezcla en un 30%.

- **Incorporadores de aire**

Los aditivos inclusores de aire son usados con el objetivo de retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. se adiciona

al agua del concreto antes de ser mezclado, se agita para lograr una incorporación homogénea, formando así, un sistema de micro burbujas de aire que actúan como lubricante entre las partículas componentes del concreto para mejorar su trabajabilidad, extensión de su vida útil, calidad y tenga un comportamiento óptimo en climas de hielo y deshielo.

- **Acelerantes**

Son utilizados para aumentar la masa de hidratación y el desarrollo de resistencia del concreto a edades temprana. Se encarga de acelerar el fraguado del concreto. El uso de este aditivo se utiliza en vaciado de estructuras donde se requiera desencofrar elementos horizontales a pocos días de realizado el vaciado, así como también para impermeabilizaciones.

- **Retardantes**

Su aplicación en el concreto se da específicamente cuando se realizan vaciados de gran magnitud en zonas muy calurosas, estructuras sin discontinuidades donde el objetivo es lograr un concreto monolítico y cuando el concreto es preparado en planta y la obra se encuentra muy alejada. Es un aditivo que permite que su colocación sea trabajable y que su tiempo de fraguado sea mayor al de un concreto convencional.

- **Impermeabilizantes**

Son aditivos que se encargan de sellar los micro poros del concreto, su aplicación se da en concretos frescos y endurecidos. Hay impermeabilizantes en polvo que se agregan a morteros durante su mezclado y aditivos que se agregan al concreto en estado líquido durante su elaboración.

- **Reparadores de fisuras**

Son aditivos que se aplican en losas y reservorios cuando el concreto ha alcanzado su máxima resistencia, son aplicadas en superficies que han sufrido fisuras por contracción plástica por secado, dichas fisuras son generadas por malas prácticas constructivas.

- **Curadores**

Son componentes que se encargan de formar una membrana sobre la superficie del concreto, para controlar la pérdida de humedad y promover un proceso de curado adecuado. Estos aditivos ayudan a reducir la evaporación del agua por efectos del clima como son el aire, el sol y otros factores, evitando grietas y asegurando su resistencia y durabilidad a largo plazo.

### **2.2.7 Clasificación de aditivos impermeabilizantes**

Al respecto, según López (2018), define a los aditivos impermeabilizantes como:

- **Aditivos hidrofugantes:**

Los aditivos hidrofugantes son sustancias químicas que se añaden a materiales de construcción como el concreto, mortero, y otros sustratos porosos, con el fin de repeler el agua y reducir su absorción. Estos aditivos funcionan creando una barrera superficial que evita que el agua penetre en el material, protegiéndolo así de la humedad y prolongando su vida útil.

- **Cristalizantes:**

Los aditivos impermeabilizantes cristalizantes son una combinación de aditivos que tienen la capacidad de reducir la permeabilidad al agua de ciertos materiales. Estos forman cristales en los poros del material. Sellando así las grietas y evitando la entrada de agua. Este tipo de aditivo es efectivo para mejorar la impermeabilización de estructuras de concreto.

- **Densificadores:**

Los aditivos impermeabilizantes densificadores son productos químicos diseñados para penetrar en materiales porosos como el concreto o el cemento y aumentar su densidad, resistencia y durabilidad. Estos aditivos reaccionan con los componentes del material para llenar los poros y espacios vacíos, lo que resulta en una estructura más compacta y menos permeable.

- **Poliméricos**

Los aditivos poliméricos, son compuestos químicos basados en polímeros que se utilizan para mejorar la resistencia al agua y la durabilidad de los materiales de construcción como el concreto, yeso y otros sustratos porosos. Estos aditivos suelen estar formulados con polímeros acrílicos, acetato de vinilo, entre otros.

### **2.2.8 Características de los materiales impermeables**

Aranciabia (2008), considera las siguientes características:

- **Elasticidad:** No solo impiden el paso de agua, sino también deben tener buena flexibilidad para no deteriorarse con los movimientos frecuentes de las estructuras que protegen.
- **Resistencia a la radiación solar:** Estos deben descomponer poco por efecto de la radiación y al mismo tiempo deben tener una capa protectora de material para que su tiempo de vida no sea corta.

### 2.2.8.1 Adhesión

Según el blog (Miarco, 2018), “la adhesión es la tendencia que tienen sustancias o materiales diferentes a unirse entre sí. En este caso, un adhesivo a un sustrato, debido a una variedad de posibles interacciones. Son fuerzas de atracción de las moléculas que pertenecen a diferentes cuerpos. La adhesión depende de la capacidad del adhesivo de penetrar en los poros de la sustancia y de lo eficaz que sea su unión. En este fenómeno participan muchos factores como la temperatura del adhesivo, compatibilidad de la sustancia y del adhesivo, los tratamientos que tenga la superficie”.

La norma ASTM D-6083 refiere que la adherencia es uno de los criterios más importantes en esta especificación. Si el sustrato no se adhiere no puede brindar protección al sustrato del techo subyacente. La especificación ASTM D-6083 emplea el método ASTM C-794 o D-903 para medir la adherencia. Esta prueba utiliza una tira de tela incrustada en el revestimiento aplicado a una pequeña pieza del sustrato del techo. La muestra de prueba se deja secar durante dos semanas a temperatura ambiente y se prueba usando un Instron o dispositivo similar para determinar la fuerza requerida para despegar el recubrimiento en una dirección de 180°.

### **2.2.8.2 Propiedades mecánicas**

La norma ASTM D-6083 comprende las especificaciones de las propiedades mecánicas, alargamiento y resistencia a la tracción. La capacidad de un recubrimiento para tolerar el movimiento o la inestabilidad dimensional es lo que distingue claramente un recubrimiento. Los techos son dimensionalmente inestables y se expanden y contraen debido a factores de movimiento térmicos e inducidos por la carga. Por lo tanto, un revestimiento completamente adherido debe tolerar el movimiento del sustrato para techos al que se aplica, o se agrietará y se despegará.

El método de prueba empleado aquí es ASTM D-2370, desarrollado específicamente para medir esta propiedad en recubrimientos. La prueba de propiedades mecánicas mide dos parámetros, el alargamiento y la resistencia a la tracción. El alargamiento es simplemente hasta qué punto se puede estirar un material hasta que se rompa, y la resistencia a la tracción es cuánta fuerza por unidad de área se requiere para separar la muestra. Idealmente, un revestimiento de techo debe tener tanto alargamiento como resistencia a la tracción para que sea útil.

Si simplemente tiene un alto alargamiento, pero no tiene resistencia a la tracción, la membrana se comporta como chicle y se deforma con demasiada facilidad sin recuperar su forma original. Si tiene una alta resistencia a la tracción, pero un alargamiento deficiente, es quebradizo y parecido al vidrio y se agrietará cuando se aplique a un techo dinámico.

Los valores mínimos aquí son 100% de alargamiento y 200 psi de resistencia a la tracción. Estos valores se adoptaron con la ayuda de numerosos fabricantes y contratistas de revestimientos para techos que

proporcionaron datos empíricos sobre el rendimiento de los revestimientos acrílicos para techos aplicados sobre una amplia gama de sustratos, diseños de techos y condiciones climáticas. Estos datos se compilaron y los perfiles de propiedades mecánicas del laboratorio se utilizaron como indicador del desempeño exitoso real en servicio.

En pocas palabras, se identificaron revestimientos para techos que funcionaban exitosamente a partir de la experiencia de campo y se midieron sus propiedades mecánicas en laboratorio para identificar un estándar mínimo de desempeño. También se identificaron los productos que no demostraron un rendimiento exitoso en el campo y se utilizaron sus propiedades mecánicas para identificar el valor o perfil específico que no cumpliría con el estándar del laboratorio.

La segunda parte de este requisito implica el uso de un dispositivo de meteorización acelerada, comúnmente llamado Weather-Ometer. En este aparato de intemperización se exponen primero las películas libres reales del revestimiento del tejado durante 1.000 horas y después se vuelven a evaluar las propiedades mecánicas.

Este envejecimiento artificial simula una exposición prolongada a la luz solar y la lluvia. Durante este tiempo, es posible que el recubrimiento cambie sus propiedades superficiales, físicas y funcionales. Volver a probar las propiedades mecánicas identifica cualquier cambio en el material que afecte el rendimiento a largo plazo del revestimiento del techo causado por la degradación o reticulación del polímero. También se inspecciona la superficie del revestimiento desgastado para determinar cualquier cambio en la apariencia, como grietas o erosión. Se registra su apariencia después de la exposición en el *Weather-Ometer*.

### **2.2.8.3 Viscosidad**

El blog Proimper (s.f.) afirma que “es la medición de la resistencia de un líquido a fluir. Los líquidos de alta viscosidad son más espesos y tardarán más en esparcirse sobre la superficie a tratar, mientras que los líquidos de baja viscosidad son más delgados y se esparcirán más rápidamente. La viscosidad de un producto también puede afectar la forma en la que un líquido se adhiere a las superficies, lo cual es importante a la hora de crear una solución impermeabilizante”.

La norma ASTM D-6083 explica que normalmente, los recubrimientos que tienen viscosidades en el extremo superior del rango son ideales para aplicaciones en superficies verticales como parapetos y tapajuntas de penetración. Las viscosidades en el rango inferior son más adecuadas para rodar o cepillar superficies irregulares o aplicar sobre mallas de refuerzo donde es deseable que el recubrimiento penetre y se absorba la malla.

### **2.2.8.4 Flexibilidad**

Ondarse (2022), dice “La flexibilidad es la capacidad de un material de doblarse, curvarse o deformarse sin romperse, un material flexible es capaz de mantener flexiones y fuerzas externas, sin perder sus propiedades físicas o mecánicas, la flexibilidad de un material puede variar según su composición y estructura, y es una propiedad importante en aplicaciones que requieren adaptabilidad y resistencia a la deformación”.

Un impermeabilizante debe de mantener sus propiedades impermeables incluso cuando se dobla, curva o somete a tensiones

mecánicas. Un impermeabilizante flexible es capaz de adaptarse a los movimientos estructurales del sustrato al que se aplica, evitando la formación de grietas y asegurando una protección duradera contra la humedad y las filtraciones de agua. Esta característica es crucial en aplicaciones de impermeabilización en las que el sustrato está sujeto a movimientos o cambios estructurales.

La norma ASTM D-6083 afirma que es imperativo que cualquier revestimiento de techo tenga suficiente tolerancia al movimiento y la inestabilidad dimensional del sustrato del techo a baja temperatura de servicio. Los materiales termoplásticos, como los recubrimientos, tienen menor alargamiento o flexibilidad a bajas temperaturas que a temperatura ambiente. Por lo tanto, es vital que se pruebe la flexibilidad del recubrimiento a bajas temperaturas. En este caso, se emplea ASTM D-522. Esta prueba une dos pruebas para obtener un mayor valor del protocolo de prueba.

#### **2.2.8.5 Resistencia a los hongos**

Para el blog SciElo (2018), la resistencia a los hongos se refiere a “la capacidad de un material para resistir el crecimiento de hongos y moho. En el contexto de los materiales de construcción, revestimientos y superficies, la resistencia a los hongos es una característica importante, especialmente en áreas propensas a la humedad y la condensación”. Los materiales que son propensos al crecimiento de hongos y moho pueden presentar problemas estéticos y de salud, además de deteriorar la integridad del material, es crucial que los materiales utilizados en entornos húmedos o propensos a la humedad sean resistentes al crecimiento de hongos.

Por lo tanto, es importante que los impermeabilizantes posean propiedades que eviten el desarrollo de hongos y moho, ya que su presencia puede comprometer la integridad del sellado y reducir la vida útil del impermeabilizante. Para lograr resistencia a los hongos, algunos fabricantes incorporan agentes antifúngicos en la formulación de sus impermeabilizantes, lo que ayuda a prevenir el crecimiento de microorganismos no deseados en la superficie tratada.

La resistencia a los hongos es medida por la norma ASTM G-21. Un revestimiento para techos que funcione exitosamente debe tener cierta resistencia a los hongos incorporada en la formulación. Utilizando como guía el desempeño en campo, se estableció el nivel mínimo de resistencia a los hongos. Dado que la resistencia a los hongos de un revestimiento para techos se deriva de los aditivos fungicidas que se incorporan al revestimiento, se espera que la resistencia disminuya lentamente con el servicio real. Esto es particularmente cierto en techos que tienen un drenaje deficiente con agua estancada continua, ya que estos aditivos se filtran más rápidamente y las condiciones de crecimiento biológico son óptimas.

### **2.2.9 Propiedades físicas de la película líquida y curada**

La norma ASTM D-6083-05<sup>e1</sup> afirma que las propiedades físicas de la película y curada son:

- Aunque el producto se suministre como líquido, su desempeño se basa en las propiedades funcionales del material curado en forma de película. El recubrimiento se forma en una película totalmente adherida al sustrato.
- Requisitos de propiedades líquidas. El recubrimiento líquido deberá de cumplir con los requisitos de propiedades de la Tabla 1.

**Tabla 1. Requisitos de propiedad líquida**

Propiedad física	Designación ASTM	Requisitos
Viscosidad	D562 D2196	85 a 141 KU 12 a 85 Pa-s (12 000 a 85 000 cps)
Sólidos de volumen	D2697	Mayor al 50%
Pesos sólidos	D1644	Mayor al 60%

**Fuente:** Norma ASTM D-6083-05<sup>ε1</sup> (2005)

- Requisitos de propiedad física de la película. La película curada deberá con los requisitos enumerados en la tabla 2.

**Tabla 2. Requisitos de propiedades físicas de la película para revestimientos acrílicos para techos**

Propiedad física	Designación ASTM	Requisitos
Alargamiento porcentual inicial (rotura)	D2370	Mínimo 100% 23°C (73°F)
Resistencia a la tracción inicial (esfuerzo máximo).	D2370	Mínimo 1,4 MPa (200 psi) a 23°C (73°F)
Porcentaje de elongación final (rotura) después de la meteorización acelerada 1000h	D2370	Mínimo 100% a 23°C (73°F)
Permeabilidad	D1653	Máximo 2875 ng(Pa – s – m <sup>2</sup> ) ( 50 perms).
Hinchazón del agua	D471	Máximo 20% (masa).
Meteorización acelerada 1000h	D4798	Sin grietas ni comprobaciones.
Adhesión	C794 D903	Mínimo 350 N/m (2,0 pli) mojado.
Resistencia a los hongos	G21	Calificación cero
Resistencia al desgarro	D624	>21,0 Kn/m (60 lbf/pulg.)
Flexibilidad a bajas temperaturas después de 1000 h de intemperismo acelerado	D522	Peso mínimo Mandril de 13mm (0,5 pulg.) –26°C (–15°F)

**Fuente:** Norma ASTM D-6083- [05] ^ε1 (2005)

### 2.2.10 Sugerencias para impermeabilizar

Según el blog Prisa (s.f.), hace referencias a ciertos pasos que se deben seguir a la hora de impermeabilizar, para que los productos puedan adherirse de una forma correcta y no fallar.

- **Medir el área a impermeabilizar y limpiar el área.** Medir el área a impermeabilizar, incluyendo todos los bordes, es parte fundamental del proceso, ya que así se conocerá cuánto producto se requiere. El óxido, hongos y humedad afectan la correcta aplicación del impermeabilizante, de ahí la importancia de dejarlo limpio.
- **Resanado de las grietas.** Si hay grietas en la losa se debe preparar un sellador para rellenarlas, comúnmente es una mezcla de cemento Portland y agua. Se puede crear una mezcla con el aditivo impermeabilizante agregándole un poco más de cemento a su estado líquido hasta crear una pasta y rellenar los espacios.
- **Puntos críticos.** En una impermeabilización, existen varios puntos críticos que requieren especial atención para garantizar la eficacia del proceso y prevenir problemas de humedad a largo plazo. Algunos de los puntos críticos en una impermeabilización incluyen: las juntas y grietas, conexiones y penetraciones, puntos de intercesión.
- **Preparar el impermeabilizante.** Antes de aplicar el impermeabilizante se debe incorporar bien el producto, haciendo movimientos circulares desde el fondo del envase hacia afuera, eliminando asentamientos y obteniendo la mejor consistencia
- **Aplicar el producto.** En ocasiones el impermeabilizante parece no rendir lo que estipula debido a que no se contemplan dichos detalles y sólo se toma en cuenta la superficie plana. La forma adecuada de aplicar la primera mano de impermeabilizante es directo de la cubeta, sin rebajar, y distribuyéndolo uniformemente sobre la superficie.

Para la aplicación de la primera capa, se debe aplicar una capa uniforme y pareja sobre toda la superficie y cubrir toda el área, en caso de tener puntos críticos, como grietas, es necesario utilizar una malla de

refuerzo. Para la segunda capa, se aplica el producto en perpendicular o en forma de cruz en respecto a la primera capa.

Entre los materiales para aplicar el impermeabilizante se encuentran: brochas, espátulas, llanas, entre otros. Es importante destacar, que el impermeabilizante no se aplica como una pintura, sus capas deben ser más gruesas y generosas. Para zonas estrechas y críticas se utiliza una brocha de 4 pulgadas para aplicar el producto y se coloca una malla de refuerzo.

### **2.2.11 Materiales empleados para la fabricación del aditivo impermeabilizante**

Para la elaboración del aditivo impermeabilizante se hizo una serie de pruebas para estudiar el comportamiento de los materiales, de los cuales, los que obtuvieron mejores resultados fueron los siguientes:

#### **2.2.11.1 Acetato de Vinilo**

Según el blog Estructplan (2005):

El acetato de vinilo es uno de los polímeros mayormente utilizados en la industria, es un compuesto orgánico de forma líquida incolora y olor muy distintivo. Éste es soluble en la mayoría de los disolventes orgánicos, pero es insoluble en agua. Sus usos más frecuentes son para fabricar emulsiones de acetato de polivinilo y alcohol polivinílico. El principal uso de sus polímeros es en pegamentos, pinturas, textiles y productos de papel. Sus copolímeros se han usado en baldosas para suelos de vinilo.” El acetato de vinilo es el principal componente del aditivo por su gran capacidad de adhesión.

El acetato de vinilo posee una resistencia notable a la radiación ultravioleta, el calor y ciertos productos químicos. Esta resistencia lo hace útil en aplicaciones donde se requiere durabilidad y estabilidad frente a condiciones ambientales adversas. Es importante tener en cuenta que la resistencia del acetato de vinilo puede variar según las condiciones específicas de uso y las aplicaciones particulares.

**Tabla 3. Características físico-químicas del acetato de vinilo**

Nombre	Descripción
Fórmula molecular	$C_4H_6O_2$
Peso molecular	86,09
Estado físico	Es un líquido incoloro a temperatura ambiente.
Punto de ebullición	Tiene un punto de ebullición de aproximadamente 72°C.
Punto de fusión	El acetato de vinilo no tiene un punto de fusión definido, ya que se evapora antes de solidificarse.
Densidad	Tiene una densidad de alrededor de 0,932 g/cm <sup>3</sup> .
Solubilidad	Es soluble en agua y en muchos disolventes orgánicos, como el alcohol y el éter.

**Fuente:** Autoras (2024)

### 2.2.11.2 Alcohol polivinílico

Hernández (2014), afirma que “el alcohol polivinílico (PVOH) es un polímero sintético, soluble en agua, excelente formador de película, emulsificante, modificador de la viscosidad y adhesivo. Se encuentra en forma de gránulos y al mezclarse con agua ésta actúa como un plastificante.” Usado para maximizar el tiempo de secado, mejorar la adherencia y la resistencia del agua al concreto.

**Tabla 4. Propiedades físico-químicas del alcohol polivinílico**

Nombre	Descripción
--------	-------------

Fórmula química	$(C_2H_4O)^N$
Punto de fusión	230°C y 180 – 190°C
Resistencia mecánica	El PVA exhibe alta resistencia mecánica, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde requiera durabilidad y estabilidad.
Flexibilidad	A pesar de su resistencia el PVA es flexible, por lo que permite su uso que requieren cierto grado de maleabilidad.
Barrera de oxígeno	Posee propiedades de barreras contra el oxígeno, por lo que brinda una protección en productos o materiales sensibles a la oxidación.
Resistencia química	Es conocido por su resistencia a ciertos productos químicos.
Solubilidad en agua	Una de las propiedades más distintivas es su solubilidad en agua, lo que facilita su aplicación en soluciones acuosas.
Emulsificación	Es capaz de emulsionar compuestos, lo que es beneficioso en la fabricación de productos como pinturas, recubrimientos y adhesivos.
Adhesión	Muestra propiedades adhesivas, lo que lo hace útil como componente en la fabricación de adhesivos.

**Fuente:** Autoras (2024)

### 2.2.11.3 Agua

Valdivieso (s.f), menciona que, “el agua es una sustancia que se compone por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O) y se puede encontrar en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua)”. Fue utilizada como diluyente para la mezcla en conjunto con el acetato de polivinilo, para disminuir la concentración y hacerla más fluida.

**Tabla 5. Propiedades físicas del agua**

Nombre	Descripción
Densidad	1g/cm <sup>3</sup> .
Punto de ebullición y congelación	El punto de ebullición de agua es de 100°C y el de congelación 0°C.
Capilaridad	El agua tiene la capacidad de moverse por espacios estrechos debido a la

	capilaridad.
Tensión superficial	El agua tiene una alta tensión superficial.

**Fuente:** Autoras (2024)

**Tabla 6. Características químicas del agua**

Nombre	Descripción
Formula química	$H_2O$ Un átomo de oxígeno ligado a dos de hidrogeno.
Polaridad	El agua es un compuesto polar, lo que significa que tiene distribución desigual de cargas eléctricas. Esto le confiere propiedades únicas de disolución y reactividad.
Capacidad disolvente	Debido a su polaridad, el agua es un excelente disolvente para muchas sustancias, lo que la convierte en un medio ideal para reacciones químicas.
Reacción acido-base	El agua puede actuar como acido o base en reacciones químicas, lo que es fundamental para la química de las soluciones acuosas.
Ionización	Puede ionizarse en iones hidrogeno ( $H^+$ ) y iones hidroxilo ( $OH^-$ ), lo que es importante en la química acido-base y en la regulación de pH.
PH	Tiene un pH neutro de 7, esto significa que no es acida, ni básica.

**Fuente:** Autoras (2024)

#### 2.2.11.4 Celulosa

Pérez (2021), refiere que “la celulosa está formada por moléculas de glucosa y suelen ser utilizadas como aditivo multifuncional en la fabricación de recubrimientos y productos para construcción, tales como: pinturas, estucos, masillas, morteros secos, sistemas de impermeabilización. Es un agente de retención de agua que ayudara a aumentar la trabajabilidad de la mezcla.

**Tabla 7. Características físicas de la celulosa**

Nombre	Descripción
Rigidez y resistencia	La celulosa es conocida por su alta rigidez y resistencia.
Insolubilidad en agua	Aunque la celulosa puede retener agua, es insoluble en agua y otros disolventes comunes, lo que la hace útil en aplicaciones donde se requiere estabilidad en presencia de líquidos.
Trasparencia	La celulosa puede ser procesada para producir películas delgadas y transparentes

**Fuente:** Autoras (2024)

**Tabla 8. Características químicas de la celulosa**

Nombre	Descripción
Formula química	$(C_6H_{10}O_5)^n$
Polisacárido lineal	La celulosa está compuesta por largas cadenas de glucosa enlazadas en una estructura lineal, lo que le otorga su naturaleza polimérica.
Enlaces glucosídicos	Los monómeros de glucosa en la celulosa están unidos por enlaces glucosídicos beta-1,4, lo que le confiere estabilidad y resistencia.
Hidrofílica	La celulosa es hidrofílica, lo que significa que tiene afinidad por el agua y puede retenerla en ciertas condiciones
Reactividad química	Puede ser modificada químicamente para alterar sus propiedades.

**Fuente:** Autoras (2024)

### 2.2.11.5 Polvos Redispersables

Correa (2014), dice que “los polvos poliméricos redispersables son elaborados por medio de atomizaciones de materiales orgánicos. Estos polvos son los responsables de producir las elevadas resistencias de adherencia en materiales vitrificados y de poca absorción, en base a la aplicación de capas delgadas de mortero.

El nombre deriva del comportamiento o “dispersión” de las partículas al entrar en contacto con el agua. Durante el endurecimiento se van creando

puentes poliméricos elásticos entre los componentes minerales débiles del mortero, consiguiéndose mejoras sustanciales de la adherencia a los soportes más variados e incluso a aquellas que, de otro modo, no podrían revertirse. La modificación polimérica confiere adicionalmente flexibilidad al sistema y mejora la tixotropía, la fluidez y la retención de agua”. La cual será usada para obtener un mayor rendimiento y durabilidad en el producto. Algunas de las propiedades que poseen los polvos redispersables son:

- Aumentar la fuerza adhesiva/cohesiva
- Mayor resistencia a la flexión
- Excelente reología
- Capacidad de trabajo mejorada
- Gran durabilidad y resistencia a la abrasión
- Capacidad de retención de agua y tiempo abierto mejorados
- Resistencia al agua y baja absorción de agua

**Tabla 9. Características físico-químicas de los polvos redispersables**

Nombre	Descripción
Fórmula	$C_4 H_6 O_2$
PH	5.5 - 8.5
Grupos funcionales	Los grupos funcionales pueden incluir hidroxilos, carboxilos, grupos etoxilo y otras funcionalidades que le permiten interactuar con el agua y formar en lances de hidrogeno.
Textura	Fina y ligera.
Color	Su color puede variar, por lo general son colores claros, como blanco o gris claro.

**Fuente:** Autoras (2024)

### 2.2.11.6 Cemento

Según el blog Ferrovial (s.f.), “el cemento es un polvo fino y suave que se utiliza como conglomerante debido a que se endurece después de estar en contacto con el agua. Se produce a partir de una mezcla de caliza y

arcilla, calcinadas y posteriormente molidas”. En este caso se usará como uno de los componentes para la preparación de la mezcla.

**Tabla 10. Características físicas del cemento**

Nombre	Descripción
Color	Generalmente grisáceo.
Textura	Polvo fino.
Densidad	Aproximadamente $3,15 \text{ g/cm}^3$
Fragancia	No tiene un olor distintivo.
Aspecto en estado fresco	Pasta maleable que se endurece con el tiempo.

**Fuente:** Autoras (2024)

**Tabla 11. Características químicas del cemento**

Nombre	Descripción
Compuestos principales	El cemento portland está compuesto principalmente por silicatos y aluminatos de calcio.
Reacción de hidratación	Al mezclarse con agua, los compuestos del cemento reaccionan para formar productos hidratados, lo que da lugar al endurecimiento del material.
Composición química específica	El cemento portland contiene oxido de calcio, oxido de silicio y óxido de hierro en proporciones específicas que le otorgan sus propiedades de fraguado y resistencia.

**Fuente:** Autoras (2024)

### 2.2.12 Fibra de vidrio

Según el blog Nazza (s.f.), “La fibra de vidrio está concebida para ser utilizada como material de refuerzo o material estructural. Se compone de una manta de filamentos de vidrio cortados y aglomerados de alta calidad que se unen entre sí, generalmente con una resina de poliéster. Esta manta tiene una estructura no tejida que le proporciona flexibilidad y conformabilidad”. Lo que la hace ideal para aplicaciones donde se requiera adaptarse a superficies irregulares.

**Tabla 12. Características físicas de la fibra de vidrio**

Nombre	Descripción
Flexibilidad	La manta de fibra de vidrio tipo mat, es flexible y puede adaptarse a superficies irregulares.
Peso y densidad	Está disponible en diferentes pesos por unidad de área, generalmente expresados en gramos sobre metros cuadrados.
Grosor	Se puede encontrar en diferentes grosores para adaptarse a diversas aplicaciones y requerimientos de resistencia.
Conformabilidad	Debido a su estructura no tejida, puede adaptarse a formas complejas y superficies curvas sin romperse o deshilacharse.
Resistencia mecánica	Una vez impregnada con resina y curada, proporciona una resistencia adicional a la estructura compuesta, contribuyendo a la rigidez y durabilidad del producto final.

**Fuente:** Autoras (2024)

## 2.2.13 Definición de términos básicos

### 2.2.13.1 Tipos de mezclas

Ondarse (2021), afirma que una mezcla “es un material compuesto por dos o más componentes unidos físicamente, pero no químicamente” (p.1), es decir, que no se produce entre ellos ninguna reacción química, es decir, que cada componente mantiene su identidad y sus propiedades químicas, incluso en el caso en que no podamos distinguir un componente del otro.

Las mezclas se clasifican atendiendo a qué tan factible sea identificar a simple vista sus distintos componentes. Por ello, estas pueden ser:

- **Mezclas homogéneas:** Son aquellas en que los componentes no pueden distinguirse. Se conocen también como soluciones, y se conforman por un solvente y uno o varios solutos. Sus fases son imposibles de identificar a simple vista. Por ejemplo: el acero, que es

una mezcla de hierro y carbono, y no se puede apreciar sus componentes a simple vista.

- **Mezclas heterogéneas:** Son aquellas en que los componentes pueden distinguirse con facilidad, debido a que poseen una composición no uniforme, o sea, sus fases se integran de manera desigual e irregular, y por eso es posible distinguir sus fases con relativa facilidad. Estas pueden ser de mezcla gruesa o dispersiones gruesas y de suspensiones o coloides. Por ejemplo: el concreto, que es una mezcla de agua, arena y cemento en proporciones específicas que, una vez solidificada y desecada, adquiere su dureza y uniformidad.

#### **2.2.13.2 Vida útil o durabilidad**

La durabilidad o vida útil de los materiales es la duración estimada que un objeto puede cumplir correctamente con la función asignada en su empleo. Es decir, es el periodo de tiempo en el que se espera que el activo alcance su máximo rendimiento. Sin embargo, es posible que siga funcionando incluso después de este periodo.

Cuando se habla del proceso de tiempo o vida útil se usa para describir el espesamiento de un epoxi después de mezclarlo, pero el tiempo de gel también se prueba a menudo a temperaturas elevadas. Este se determina calentando el epoxi y observando cuándo comienza a volverse fibroso o parecido a un gel, aunque no completamente curado. Lo más probable es que tenga una viscosidad más alta al final de su medición de vida útil. Este valor puede ser eficaz para fines de fabricación si se necesita mover una pieza antes de que se complete el curado, pero no se desea ningún cambio

en la ubicación de un componente. Sin embargo, no es una prueba de control de calidad estándar y debe determinarse experimentalmente en cada aplicación, si es necesario.

Según el Blog Rheonics (2021), existen dos procesos que pueden llegar a alcanzar los pegamentos o adhesivos, entre ellos se pueden mencionar la gelificación y el curado, los cuales se describirán a continuación:

- **Gelificación:** Es la formación de un gel a partir de un sistema con polímeros. Los polímeros ramificados pueden formar enlaces entre las cadenas, lo que conduce a polímeros progresivamente más grandes. En ese punto de la reacción, que se define como punto de gelificación, el sistema pierde fluidez y la viscosidad se vuelve muy grande.
- **Curado:** Es un proceso durante el cual tiene lugar una reacción química (como la polimerización) o una acción física (como la evaporación), lo que resulta en un enlace más duro, más resistente o más estable (como un enlace adhesivo) o sustancia (como el concreto). El control del grado de curado de adhesivos y resinas es importante para determinar si un lote particular de material ha logrado las propiedades mecánicas necesarias, en lugar de depender simplemente de las especificaciones del fabricante y el ajuste de los parámetros del proceso. Esto es importante en las operaciones de moldeo para determinar cuándo es seguro desmoldar la pieza curada y en la fabricación de compuestos para determinar cuándo una pieza laminada está completamente curada.

Dicho tiempo de curado se refiere al tiempo necesario para que algo se cure por completo. Muchas sustancias necesitan tiempo de curado para curarse completamente. Algunos ejemplos son: epoxis, pegamentos, resinas, concreto, entre otros. En un compuesto de caucho, el tiempo de curado es el tiempo necesario para alcanzar la viscosidad o el módulo óptimos a una determinada temperatura. En un adhesivo, es la cantidad de tiempo necesario para que un adhesivo se cure por completo. Si un adhesivo no está completamente curado, la unión fallará. El tiempo de curado es muy útil para comprobar la durabilidad de la sustancia.

### **2.2.13.3 Reacciones químicas**

Según Noriega (2013), las reacciones químicas son procesos en los que una o más sustancias (reactivos) se transforman en otra u otras con propiedades diferentes (productos). Estas pueden ser:

- **Reacción reversible:** Son aquellas en las que los reactivos no se consumen totalmente. Los productos a su vez pueden formar nuevamente los reactivos, estableciéndose un equilibrio entre ambos procesos. Se denomina equilibrio químico, y puede alterarse en uno u otro sentido con introducir alguna modificación en el sistema.
- **Reacción irreversible:** Esta reacción química puede verificarse en un solo sentido, es decir se prolonga hasta agotar por completo una o varias de las sustancias reaccionantes y por tanto la reacción inversa no ocurre de manera espontánea. Los reactivos se consumen totalmente y finaliza cuando se acaba el reactivo limitante.

Es decir, su diferencia radica en que, las reacciones reversibles son las que una vez que hayas llegado al final, puedes volver al principio mediante los mismos o diferentes procesos. En cambio, las irreversibles, una vez realizado el proceso de mezcla o combinación, no se puede volver al estado inicial.

#### **2.2.13.4 Norma ASTM**

ASTM (American Society for Testing and Materials): Es una de las organizaciones internacionales de estándares más grande del mundo. Dichos estándares abarcan áreas como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, medio ambiente, productos de consumo, servicios médicos, dispositivos y productos electrónicos, entre otros. (Catálogo ASTM Internacional, 2010).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Como en todo proyecto de investigación, la metodología es de suma importancia para el buen desarrollo del mismo. En esta se encuentra el orden y los detalles de los procesos necesarios para ser llevado a cabo, con el fin del cumplimiento de todos los objetivos planteados. Algunos de los puntos metodológicos a conocer son el tipo y nivel de investigación, etapas, técnicas y procedimientos a realizar.

#### **3.1 Tipo de investigación**

Según la forma en la que se realizó el proyecto, se puede decir que el tipo de investigación es experimental, ya que el objeto principal es desarrollar el aditivo impermeabilizante el cual fue sometido a distintas pruebas variando cantidad de material con el fin de comprobar su capacidad, hasta conseguir la mezcla óptima. Dicho esto, podemos definir según Arias (2016) que “es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. (p.34).

Por tal sentido, el objeto de la investigación fue el desarrollo de un aditivo impermeabilizante (variable independiente), expuesto a la intemperie y a distintos materiales para evaluar su efectividad y capacidad de adhesión

(variable dependiente). Así mismo, para la búsqueda de datos y normas correspondientes al proyecto se realizó una investigación de oficina.

### **3.2 Nivel de investigación**

Según el nivel de investigación, Arias (2016) define que:

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (p.26).

Una vez realizada la investigación se concluyó que el nivel de investigación es explicativo, dado que, para el desarrollo del aditivo, se buscaron materiales de bajo costo para establecer la relación causa-efecto, y así obtener la mezcla óptima. Por otro lado, se puede definir el nivel de investigación como descriptiva, dado que, se detallan los procesos, técnicas, datos, instrumentos, entre otras características que fueron empleadas para la realización del mismo. Dicho esto, Arias (2016) explica que: “la investigación descriptiva, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24).

### **3.3 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación en este caso es explicativa, según Arias (2016): “su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto” (p. 34).

Asímismo, el diseño experimental se caracteriza por manipular y controlar las variables o condiciones que se ejercen al momento de realizar el experimento, esto quiere decir que todos los factores cambiantes pueden ser alterados para la variación de resultados.

Con respecto al mencionado proceso explicativo, cabe destacar que se refiere a los detalles que se marcan a lo largo del desarrollo del aditivo, acerca de las distintas muestras que se realizaron para la obtención de la mezcla óptima (experimento verdadero), como también el hecho de exponerla a los factores climáticos y diferentes superficies para comprobar su capacidad de adhesión y efectividad.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos según Arias (2016) es: “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (p.67). Por otra parte, Hurtado (2012), refiere que “tiene que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, es decir, el cómo”. (p.161). Estas sirven para complementar el método científico y obtener respuestas a las dudas sobre los resultados del experimento. De acuerdo a lo mencionado, las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron:

#### **3.4.2 Revisión documental**

Hurtado (2006) afirma que “la revisión documental es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la forma de datos que puedan haber sido producto de medición hecha por otros, o como textos que

en sí mismos constituyen los eventos de estudio”. (p.427). Esto quiere decir que la revisión documental es fundamental para cualquier proceso de investigación, ya que proporciona una base sólida de conocimiento, orientación y apoyo para el desarrollo de la investigación.

Por consiguiente, para la realización del proyecto se buscó información referente a los materiales a utilizar con datos de medición hechas por otros y a su vez, se hicieron estudios para evaluar, verificar y modificar la información recogida y generada por las incógnitas del proyecto. Todo esto bajo la normativa correspondiente.

#### **3.4.3 Observación directa**

Arias (2016), nos dice que “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p.69). Este proyecto se basó en esta técnica para corroborar visualmente los efectos del aditivo impermeabilizante, así evaluar la cantidad de material a utilizar y una vez obtenida la mezcla comprobar sus posibles usos.

#### **3.4.4 Entrevista**

Según Hurtado (2006), “La entrevista y la encuesta son técnicas basadas en la interacción personal, y se utilizan cuando la información requerida por el investigador es conocida por otras personas, o cuando lo que se investiga forma parte de la experiencia de esas personas”. (p.427). En este caso, se realizaron entrevistas estructuradas en distintos comercios para conocer detalles de los aditivos impermeabilizantes existentes y comprarlos con el desarrollado en este proyecto.

### **3.5 Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos según Hurtado (2012) “Los instrumentos representan la herramienta con la cual se va a recoger, filtrar y codificar la información, es decir, el con qué”. (p.161). Por otro lado, Arias (2016) afirma que “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (p.68). Dicho esto, los instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

#### **3.5.1 Diario y registros personales**

Permitió el registro de la información dada a lo largo del experimento como: cantidades, materiales, fechas, entre otros. Como también comportamientos del aditivo impermeabilizante en distintas superficies a lo largo del tiempo, por último los resultados obtenidos en cada ensayo.

#### **3.5.2 Fotos y videos**

Las fotos y videos ayudan a reflejar evidencia de los datos obtenidos, eventos documentados, resultados, ensayos, en general todo lo sucedido a lo largo del proyecto, como también la participación de los sujetos. Como sostén de la información detallada de cada suceso.

#### **3.5.3 Guía de encuestas**

La guía de encuestas fue utilizada como apoyo para la recopilación de datos de los diferentes comercios visitados para la obtención de información acerca de los aditivos impermeabilizantes expuestos en el mercado y sus costos. En este caso las respuestas proporcionadas por atención al público.

### 3.5.4 Cuadro comparativo

En el cuadro comparativo se organizó toda la información obtenida sobre los aditivos expuestos en el mercado y el desarrollado en el proyecto, tomando en cuenta la eficiencia, adherencia, durabilidad, capacidad y costo. Todo esto con el objetivo de realizar los análisis necesarios para la comparación de los productos.

## 3.6 Herramientas

### 3.6.1 Computadora de escritorio

Uso necesario de la computadora para la revisión bibliográfica y redacción del proyecto, como también resguardo de toda la información recopilada, como: notas, imágenes y videos.

### 3.6.2 Programas

- **Microsoft Word:** Se usó para transcribir y organizar toda la información recopilada a lo largo de la investigación.
- **Lulowin 2008:** Utilizado para elaborar el análisis de precio unitario, es decir, el presupuesto del aditivo impermeabilizante, como también los expuestos en el mercado.

### 3.6.3 Teléfonos inteligentes

Fueron utilizados en la recopilación de la evidencia fotográfica mostrada en el proyecto como: pruebas, resultados, materiales y anotaciones relevantes que se fueron dando durante la revisión y elaboración de ensayos del aditivo impermeabilizante. Su versatilidad y facilidad de uso permitieron

documentar de manera efectiva cada etapa del proceso, facilitando así el análisis y seguimiento detallado de los avances realizados.

#### **3.6.4 Herramientas de oficina**

Para la recopilación de datos en el diario y registro personal se utilizaron algunos artículos de oficina como: bolígrafo, resaltador, borrador, tijeras, entre otros. Con el objetivo de anotar, resaltar las pruebas y resultados obtenidos. En el caso de las tijeras cortar varios de los materiales a utilizar como: la malla para impermeabilizar y fibra de vidrio.

#### **3.6.5 Herramientas de medición**

Al momento de realizar los ensayos es importante tener en cuenta la cantidad de materiales a utilizar y así poder variar para obtener distintos resultados. En el caso del aditivo impermeabilizante se utilizaron como herramientas de medición: inyectadoras, vasos, envases graduados y balanza en miligramos.

### **3.7 Técnicas y análisis de procesamiento de datos**

#### **3.7.1 Análisis estadístico**

Para Hurtado (2006), el análisis estadístico:

Constituye una herramienta que le permite al investigador agrupar, organizar e interpretar resultados, a los cuales, dentro del conjunto holístico de la investigación y enmarcados en la fundamentación conceptual, pueda atribuírseles un significado capaz de dar respuesta a la interrogante del investigador. (p. 517)

Dicho esto, podemos decir que se refiere al análisis cuantitativo que se desarrolla en el proyecto, como la agrupación, organización e interpretación de los resultados obtenidos en las distintas pruebas. Como también el análisis de precios realizados para la elaboración del presupuesto del aditivo y su comparación con otros.

### **3.7.2 Análisis de contenido**

Según Hurtado (2006), “en investigaciones explicativas, cuando se pretende estudiar relaciones entre el significado de cierto tipo de comunicaciones y sus efectos en un contexto o en una muestra” (p.507). En este sentido, el análisis de contenido se refiere al análisis cualitativo presentado respecto al tratado de encuestas realizadas en los distintos comercios.

### **3.8 Flujograma de la metodología y su descripción**

En relación a la problemática expuesta y el diseño de investigación definido, se realizaron las estrategias llevadas a cabo en el presente trabajo. Con ésta se logró definir de manera detallada el proceso para desarrollar el aditivo impermeabilizante, es decir, cumplir de manera efectiva todos los objetivos expuestos.

Por consiguiente, la metodología utilizada fue: estudios preliminares, trabajo de campo y de oficina. Todos ellos con su respectiva descripción detallada del proceso, con el fin de la elaboración exitosa del trabajo de grado. El flujograma se encuentra visualizado en la figura 12.

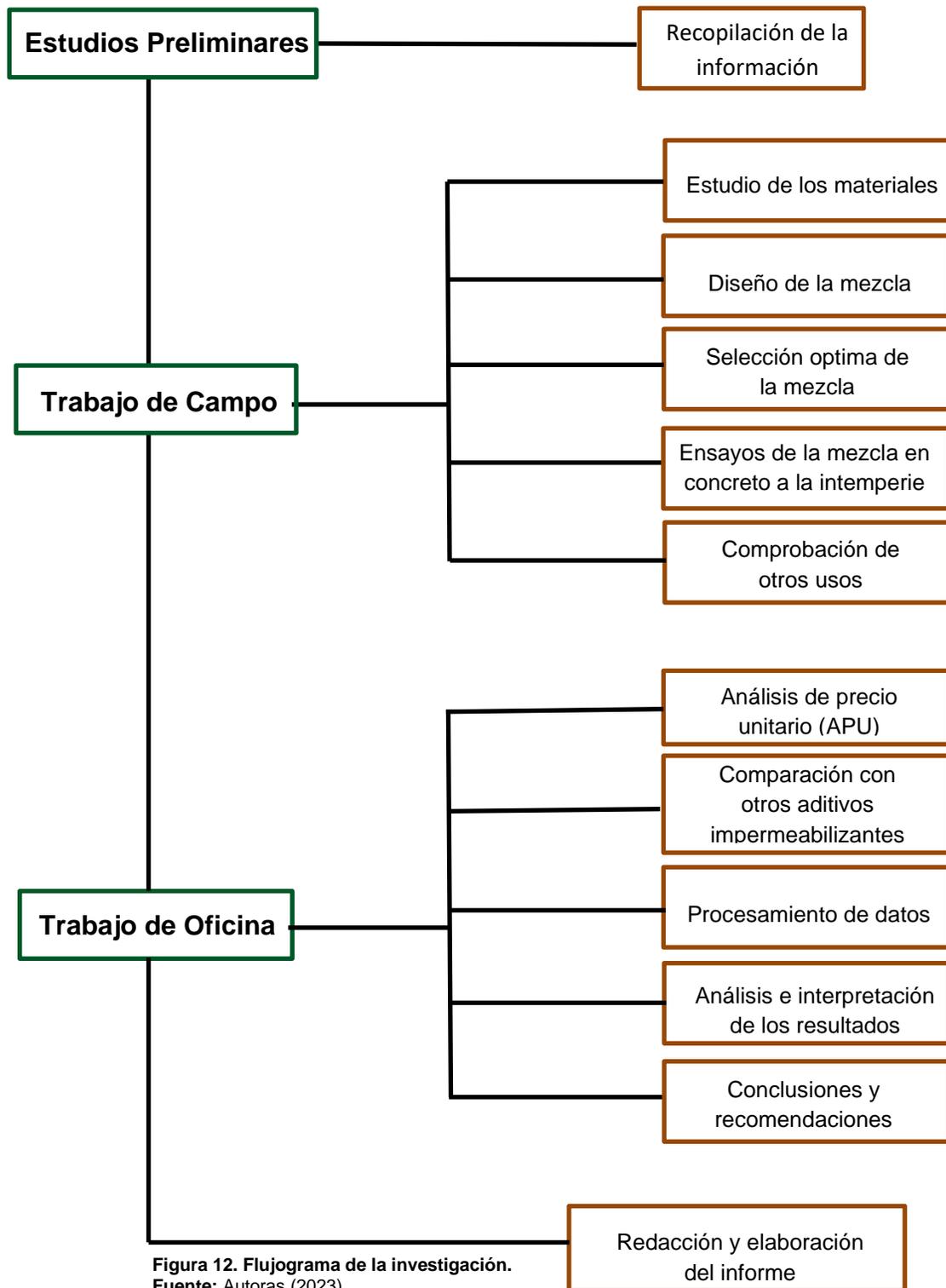


Figura 12. Flujograma de la investigación.  
Fuente: Autoras (2023)

### **3.8.1 Descripción del flujograma de la metodología**

#### **3.8.1.1 Recopilación de la información**

Con la recolección de información se logró organizadamente detallar las bases teóricas del proyecto, por otro lado, la revisión documental fue de gran importancia para conocer las capacidades y propiedades de los materiales a utilizar, como también responder las incógnitas generadas a lo largo de la investigación de los resultados en cada ensayo. También facilito la metodología y conocer las normas correspondientes al desarrollo del aditivo impermeabilizante.

Por otra parte, con la observación directa se pudo confirmar, corregir y determinar los materiales de la mezcla para el desarrollo del aditivo impermeabilizante. Así mismo, se visualizó el comportamiento del aditivo en distintos ambientes climáticos, como también en otros materiales diferentes al concreto, todo esto con el fin de conocer su capacidad y rendimiento.

Al mismo tiempo, con la realización de entrevistas y encuestas tanto a comercio para conocer las propiedades y costos de los productos expuestos en el mercado, como también a experiencia de particulares en uso de esos aditivos. Gracias a esa información se pudo realizar la comparación de productos respecto a su costo, efectividad y durabilidad.

#### **3.8.1.2 Estudio de los materiales**

La recolección de información dio a conocer características y propiedades de distintos materiales, cada uno con su función específica pero que unidos lograban la suficiente capacidad de complacer todas las

propiedades distintivas de un aditivo impermeabilizante. Con estos estudios de materiales se logró conseguir cada uno de los necesarios para así empezar con las pruebas correspondientes y desarrollar la mezcla óptima.



**Figura 13. Materiales**  
Fuente: Autoras (2023)

### 3.8.1.3 Diseño de la mezcla

Una vez determinados los posibles materiales a utilizar, comenzó el trabajo experimental. Se mezclaron dichos materiales en diferentes proporciones las cuales fueron revisadas semanalmente ya que es un producto de larga duración, de igual forma fue importante tomar en cuenta el tiempo de secado. Todo con el fin de comprobar su adherencia y durabilidad.

En un principio, se utilizó para la mezcla acetato de vinilo, agua, celulosa, redispersable, cemento y dióxido de titanio, este último se descartó después de la primera prueba por no mostrar el resultado deseado. En cambio, el acetato de vinilo se usó como principal componente por su anterior comprobada adherencia. Se realizaron distintas muestras con diferentes proporciones tanto con los componentes líquidos como con los sólidos, también se usó malla para impermeabilizar en algunas de las muestras y así poder observar su reacción con el tiempo.

Por otra parte, otro componente demostrado por su buena adherencia e impermeabilidad fue el alcohol polivinílico, los resultados fueron mejorando, con tan solo usar un 3% de alcohol en algunas de las muestras, demostrando ser un material necesario para la mezcla. Este se fue aumentando cantidad en cada muestra hasta conseguir la posible óptima. (Ver figuras 14 y 15)



**Figura 14. Primeras muestras realizadas en laboratorio**

**Fuente:** Autoras (2023)



**Figura 15. Segundas muestras realizadas en laboratorio**

**Fuente:** Autoras (2023)

#### **3.8.1.4 Selección de la mezcla óptima**

Después de semanas de observación del comportamiento y análisis de resultados, se eligió la mezcla que cumplió con todas las características correspondientes a un aditivo impermeabilizante. Aquella que logro complacer todas las propiedades protectoras de losas de concreto como: la adherencia, compactación, durabilidad e impermeabilidad.

### 3.8.1.5 Ensayo de la mezcla en concreto a la intemperie

Cabe destacar que al principio se usaron los materiales antes mencionados, pero se entiende que no causa el mismo efecto expuesto a los efectos climáticos. Por este motivo se aplicaron las muestras en el techo con la malla para impermeabilizar, específicamente en grietas para observar su comportamiento.

Como se mencionó anteriormente, gran cantidad de las mezclas fueron probadas en el techo y variando las proporciones de cada uno de los materiales, en especial el alcohol polivinílico. A continuación se muestran algunos de los ensayos realizados en el proyecto:

- **Primer ensayo de adherencia y durabilidad**

**Procedimiento:** Se preparó el espacio, limpiando y esparciendo agua para mejor adherencia. A continuación, para la preparación se mezclaron todos los componentes en el envase graduado, al cual se le formaron grumos no deseados, aun así se procedió a aplicar la muestra en el techo. Primero, se procedió a cubrir la grieta con una pasta del mismo producto, luego se aplicó una capa de la mezcla en todo el recuadro para así colocar la malla y finalizar con otra capa del producto.

**Duración de la mezcla:** Por ser un producto utilizado para la protección de losas de concreto contra la filtración y humedad de las edificaciones es importante que sea duradero, es por este motivo que las muestras fueron observadas en un prolongado tiempo y así verificar su comportamiento.



**Figura 16. Aplicación con malla de poliéster**

**Fuente:** Autoras (2023)



**Figura 17. Aplicación del producto**

**Fuente:** Autoras (2023)

- **Ensayo de adherencia y durabilidad cambiando el método de aplicación**

Previo a los resultados en el ensayo anterior, se observó que el aditivo impermeabilizante no se adhirió a la losa de concreto, debido a que anteriormente se había aplicado otro producto (SIKA top 80). Por lo tanto, el nuevo producto aplicado quedó adherido al SIKA top 80 y no a la losa de concreto.

**Procedimiento:** Se procedió a limpiar quitando todo ese producto y dejar solo concreto, igualmente aplicando agua para mejor adherencia. Para la preparación de la mezcla, se usó otro método para unir los materiales, en este caso se separaron los componentes líquidos de los sólidos, añadiendo estos poco a poco, método que tampoco resultó puesto que se formaron los grumos. A pesar de esto se aplicó el producto con el procedimiento anterior, cubriendo la grieta con una pasta del producto, esparciendo una capa para colocar la malla y finalizando con otra capa de la mezcla.

**Duración de la mezcla:** Al igual que en el ensayo anterior por el propósito del aditivo se dejó actuar por una semana para observar su comportamiento.

- **Ensayo de adherencia y durabilidad con mezcla óptima**

**Procedimiento:** En este ensayo como en el anterior se eliminó todo residuo de producto antes aplicado y se especio agua para mejor adherencia. Para preparar la mezcla y evitar grupos se procedió a tamizar el cemento, por otra parte, se aumentó la cantidad de celulosa y de alcohol polivinílico. De igual forma se mezclaron los componentes líquidos y sólidos por separado, para así unirlos agregando poca cantidad y sin dejar de mezclar, logrando los resultados esperados. A continuación se aplicó de igual forma, con una pasta sellar la grieta, esparciendo una capa, colocar la malla para impermeabilizar y para finalizar otra capa del producto.

**Duración de la mezcla:** Se dejó actuar el aditivo impermeabilizante por una semana a la intemperie.



**Figura 18. Aplicación de la mezcla óptima**  
**Fuente:** Autoras (2023)

- **Ensayos del aditivo utilizando fibra de vidrio**

**Procedimiento:** Por motivos de escasez de la malla para impermeabilizar se decidió sustituirla por fibra de vidrio ya antes probada y señalada su buena capacidad de compactar productos. La mezcla posee los mismos componentes a excepción del alcohol polivinílico el cual se fue aumentado la cantidad en mililitro (ml) de dos en dos comenzando con 4ml hasta los 10ml. Para la aplicación, después de mezclar el producto como anteriormente, se especio el aditivo por toda la sección, luego se colocó una capa de la fibra de vidrio, ya que, ésta por ser gruesa se decidió dividirla y aplicarla en dos capas. Al colocar la primera, se añadió más aditivo para así colocar la siguiente capa de la fibra, finalizando con la aplicación del resto de la mezcla.

**Duración de la mezcla:** Todos los ensayos tuvieron su respectiva semana de observación de comportamiento.



**Figura 19. Limpieza de la superficie**  
Fuente: Autoras (2023)



**Figura 20. Aplicación de la mezcla optima con fibra de vidrio**  
Fuente: Autoras (2023)

- **Ensayo de rendimiento**

**Procedimiento:** Para el experimento es importante conocer el rendimiento del aditivo, por tal sentido, para la realización del mismo se ambientó un recuadro de  $1m^2$ , eliminando todo resto de producto antes aplicado, luego de esparcir el agua y crear la cantidad de mezcla en base al tamaño, como en el ensayo anterior se cubrieron las grietas con la pasta, seguidamente se esparció una fina cama líquida del producto para así colocar la primera capa de la fibra, se repite el proceso y se cubre con una cama más espesa de la mezcla, esto solo se hizo en la grieta. Siguiendo con la aplicación, esta vez se aplicó la mezcla líquida en todo el recuadro incluyendo la grieta, seguidamente se colocó una capa de la fibra, se repitió ese paso y se culminó cubriendo todo el recuadro con una capa más espesa de la mezcla.

**Duración de la mezcla:** Al igual que los ensayos anteriores se dejó actuar por unas semanas para observar su reacción a los cambios climáticos.



**Figura 21. Aplicando el ensayo de rendimiento**

**Fuente:** Autoras (2023)



**Figura 22. Ensayo de rendimiento**

**Fuente:** Autoras (2023)

### 3.8.1.6 Comprobación de otros usos

Para la comprobación de otros usos, se aplicó la mezcla óptima en distintos materiales los cuales algunos se utilizan para resguardo de agua como: fibra de vidrio y policloruro de vinilo (PVC). Y otras superficies como: madera, zinc, mármol y cerámica. Todo esto con el propósito de adquirirle otros usos al aditivo impermeabilizante.



**Figura 23. Comprobación de otros usos para el aditivo (Madera)**

**Fuente:** Autoras (2023)

### 3.8.1.7 Comparación con otros aditivos impermeabilizantes

Como objetivo de la tesis, es importante conocer algunos aditivos impermeabilizantes expuestos en el mercado, para así comparar propiedades, precio y rendimiento respecto al desarrollado en la presente investigación. Por tal motivo, se realizaron encuestas en distintos comercios para recaudar la suficiente información.

Cabe resaltar, que existen ciertos productos con propiedades y capacidades similares al desarrollado como lo es el Sika Top 80, debido a esto se realizara un análisis comparativo para conocer sus diferencias como

aditivos multiusos, esto se verá reflejado a lo largo de la investigación, al igual que todas las etapas ya antes mencionadas.

#### **3.8.1.8 Análisis de precio unitario**

Para esta etapa se utilizó el programa comercial LuloWin 2008, se realizó el análisis de precio unitario (APU) del aditivo desarrollado y la comparación de este con otros expuestos en el mercado. Esta etapa es de suma importancia ya que se comprueba el objetivo general del proyecto el cual es desarrollar un aditivo impermeabilizante de bajo costo para la protección de losas de concreto contra y la humedad la filtración de agua.

#### **3.8.1.9 Análisis e interpretación de los resultados**

Ya obtenidos todos los resultados de la investigación experimental, se procede al análisis de los mismos, donde se pueden dar especificaciones del producto como su capacidad, propiedades, usos, entre otras características. A su vez se detallaron las fallas ocurridas y el cómo se resolvieron todos los inconvenientes, siguiendo las respectivas normas ASTM D 6083. Por otra parte se pudo demostrar los materiales a utilizar y la factibilidad económica que tienen al ser de bajo costo.

### **3.9 Conclusiones y recomendaciones**

Una vez analizado e interpretado los resultados, se concluye cada uno de los objetivos planteados a lo largo de la investigación, sustentando el ¿por qué? y el ¿para qué? de dichas conclusiones. Como también se describen recomendaciones para el uso específico y los posibles beneficios del aditivo impermeabilizante siendo este un producto innovador.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Luego de la obtención de resultados provenientes de cada uno de los ensayos y entrevistas realizadas a lo largo de la investigación experimental, podemos llegar a una de las etapas más importantes ya que en esta se encuentra demostrado todo lo sucedido. En el análisis e interpretación de los resultados reflejamos con bases todo el comportamiento del aditivo en cada una de las pruebas, en otras palabras, plasmaremos la funcionabilidad del aditivo impermeabilizante.

#### **4.1 Identificación de los materiales más efectivos para la preparación de un impermeabilizante**

En esta etapa se presentan los materiales usados para el desarrollo del aditivo impermeabilizante, cabe resaltar que estos fueron seleccionados previamente con el estudio de los materiales. Estos fueron probados anteriormente por sus propiedades adherentes, impermeables y de durabilidad, sobre todo por su bajo costo y fácil adquisición.

Todos los materiales fueron probados en diferentes cantidades para observar sus reacciones y así escoger los más efectivos. Los materiales usados fueron: acetato de vinilo, agua, alcohol polivinílico, *Redispersible Polymer Powder* (RDP), *Cellulose Ethers*, cemento y dióxido de titanio. (Ver tabla 13)

**Tabla 13. Descripción de los materiales utilizados para el desarrollo del aditivo impermeabilizante**

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
<b>Acetato de Polivinilo (PVA)</b>	El acetato de polivinilo (PVA) es un tipo de polímero termoplástico que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo adhesivos, recubrimientos, películas, fibras y empaques. Es conocido por su alta resistencia, flexibilidad, durabilidad y resistencia a la humedad. También es biodegradable, lo que lo hace una opción más sostenible en comparación con otros plásticos. El acetato de polivinilo se produce a partir de la polimerización del acetato de vinilo, un compuesto químico derivado del etileno y el ácido acético. El PVA utilizado fue la pega – Sold 236
<b>Alcohol Polivinílico</b>	El alcohol polivinílico es un polímero soluble en agua que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales. Es conocido por su alta resistencia, flexibilidad y capacidad para formar películas delgadas y transparentes. El alcohol polivinílico se utiliza comúnmente como agente espesante, aglutinante, estabilizante y como material para películas y recubrimientos. También se utiliza en la fabricación de adhesivos. Además, es biodegradable, lo que lo hace una opción más sostenible en comparación con otros polímeros.
<b>Agua</b>	Utilizado para diluir los componentes, proviene del acueducto de la ciudad de Cantaura. Facilitado por la empresa Decorativos Alexcar, C.A.
<b>Cemento Portland Tipo I</b>	El cemento se obtiene a partir de la mezcla de arcilla y piedra caliza, que se calcinan a altas temperaturas para producir el clínker, que luego se muele y se mezcla con yeso para obtener el cemento final. Se utiliza como aglutinante en las construcciones, ya que al mezclarse con agua forma una pasta que se endurece y adquiere una gran resistencia mecánica. El utilizado en esta investigación fue el Portland Tipo I.

**Fuente:** Autoras (2023)

Tabla 13. (Cont.)

Materiales	Descripción
<b>Redispersible Polymer Powder (RDP)</b>	El Redispersible Polymer Powder (RDP) es un polvo compuesto por polímeros sintéticos que se dispersan en agua para formar una emulsión. Esta emulsión se puede agregar a morteros, adhesivos, recubrimientos y otros productos para mejorar sus propiedades mecánicas, adhesivas y de resistencia al agua. El RDP actúa como agente ligante y mejora la cohesión, flexibilidad y durabilidad de los materiales de construcción. También ayuda a reducir la retracción y la formación de grietas, lo que resulta en una mejor calidad y rendimiento de los productos finales. También, el RDP puede mejorar la resistencia al agua y la adherencia de los materiales, lo que los hace más adecuados para su uso en aplicaciones de construcción expuestas a condiciones climáticas adversas.
<b>Cellulose Ethers</b>	Los éteres de celulosa son polímeros derivados de la celulosa, que es el componente estructural principal de las plantas. Se utilizan como aditivos en productos como pinturas, adhesivos, materiales de construcción, entre otros. Debido a su capacidad para formar geles y soluciones viscosas, se utilizan como espesantes, estabilizadores y agentes retenedores de agua. Por otra parte, los éteres de celulosa pueden mejorar la adhesión, la resistencia al agua y la capacidad de formación de películas en diversos productos.
<b>Dióxido de Titanio</b>	El dióxido de titanio es un compuesto inorgánico que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Es un pigmento blanco brillante que se utiliza comúnmente en pinturas, recubrimientos, entre otros. Debido a su alta opacidad y capacidad de dispersión de la luz, el dióxido de titanio es ampliamente utilizado como agente blanqueador y de color en una variedad de productos.

Fuente: Autoras (2023)

Una vez identificados y descrito cada uno de los materiales utilizados, resaltando que cada uno posee características adherentes y resistentes al agua, procedemos a mostrar cada una de las muestras realizadas en laboratorio para descartar y escoger los más efectivos. Para expresar lo dicho anteriormente a continuación se presenta la nomenclatura de todos los ensayos realizados, detallando lo utilizado y sus componentes. Por otro lado, se muestran los resultados obtenidos con sus respectivas proporciones. (Ver tabla 14. Para la nomenclatura) (Ver tabla 16. Para los resultados).

**Tabla 14. Nomenclatura y composición de las mezclas**

Nomenclatura	Porcentaje	Medida	Composición
M <sub>1</sub>	27.04%	8 ml	Acetato de polivinilo
	13.52%	4 ml	Agua
	0.15%	0.036 gr	<i>Cellulose Ethers</i>
	0.15%	0.036 gr	<i>Redispersible Polymer Powder</i>
	16.90%	5 gr	Dióxido de Titanio
	42.24%	12.5 gr	Cemento
M <sub>2</sub>	17.36%	8 ml	Acetato de polivinilo
	17.36%	8 ml	Agua
	0.10%	0.036 gr	<i>Cellulose Ethers</i>
	0.10%	0.036 gr	<i>Redispersible Polymer Powder</i>
	10.85%	5 gr	Dióxido de Titanio
	54.24%	25 gr	Cemento
M <sub>3</sub>	26.99%	8 ml	Acetato de polivinilo
	13.50%	4 ml	Agua
	0.30%	0.072 gr	<i>Cellulose Ethers</i>
	0.15%	0.036 gr	<i>Redispersible Polymer Powder</i>
	16.87%	5 gr	Dióxido de Titanio
	42.17%	12.5 gr	Cemento
M <sub>4</sub>	17.72%	8 ml	Acetato de polivinilo
	17.72%	8 ml	Agua
	0.20%	0.072 gr	<i>Cellulose Ethers</i>
	0.10%	0.036 gr	<i>Redispersible Polymer Powder</i>
	11.07%	5 gr	Dióxido de Titanio
	55.38%	25 gr	Cemento
M <sub>5</sub>	17.15%	8 ml	Acetato de polivinilo
	18.19%	8 ml	Agua
	0.19%	0.072 gr	<i>Cellulose Ethers</i>
	0.10%	0.036 gr	<i>Redispersible Polymer Powder</i>
	0.03%	0.5 ml	Alcohol polivinílico
	64.32%	30 gr	Cemento

**Fuente:** Autoras (2023)

Tabla 14. (Cont.)

Nomenclatura	Porcentaje	Medida	Composición
M <sub>6</sub>	17.33% 17.33% 0.20% 0.10% 65.02%	8 ml 8 ml 0.072 gr 0.036 gr 29 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Cemento
M <sub>7</sub>	24.51% 13.74% 0.28% 0.14% 0.05% 61.27%	8 ml 4 ml 0.072 gr 0.036 gr 0.5 ml 20 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Alcohol polivinílico Cemento
M <sub>8</sub>	25.69% 12.85% 0.29% 0.15% 61.01%	8 ml 4 ml 0.072 gr 0.036 gr 19 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Cemento
M <sub>9</sub>	24.54% 13.76% 0.14% 0.14% 0.05% 61.36%	8 ml 4 ml 0.036 gr 0.036 gr 0.5 ml 20 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Alcohol polivinílico Cemento
M <sub>10</sub>	26.58% 13.29% 0.15% 0.15% 59.82%	8 ml 4 ml 0.036 gr 0.036 gr 18 g	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Cemento
M <sub>11</sub>	25.36% 14.22% 0.14% 0.05% 60.22%	8 ml 4 ml 0.036 gr 0.5 ml 19 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Alcohol polivinílico Cemento
M <sub>12</sub>	24.51% 13.74% 0.14% 0.28% 0.05% 61.27%	8 ml 4 ml 0.036 gr 0.072 gr 0.5 ml 20 gr	Acetato de polivinilo Agua <i>Cellulose Ethers</i> <i>Redispersible Polymer</i> <i>Powder</i> Alcohol polivinílico Cemento

Fuente: Autoras (2023)

**Tabla 15. Resultados de mezclas realizadas para encontrar los materiales más efectivos para el desarrollo del aditivo impermeabilizante**

M	PVA (ml)	Agua (ml)	Alcohol polivinílico al 3% (ml)	Celulosa (gr)	RDP (gr)	Cemento (gr)	Dióxido de Titanio (gr)	Resultado
M <sub>1</sub>	8	4		0.036	0.036	12.5	5	Todas las muestras se adhirieron al concreto.
M <sub>2</sub>	8	8		0.036	0.036	25	5	
M <sub>3</sub>	8	4		0.072	0.036	12.5	5	
M <sub>4</sub>	8	8		0.072	0.036	25	5	
M <sub>5</sub>	8	8	0.5	0.072	0.036	30		Las muestras se adhirieron al concreto.
M <sub>6</sub>	8	8		0.072	0.036	29		
M <sub>7</sub>	8	4	0.5	0.072	0.036	20		Las muestras se adhirieron al concreto.
M <sub>8</sub>	8	4		0.072	0.036	19		
M <sub>9</sub>	8	4	0.5	0.036	0.036	20		Las muestras se adhirieron al concreto.
M <sub>10</sub>	8	4		0.036	0.036	18		
M <sub>11</sub>	8	4	0.5		0.036	19		La muestra se despegó del concreto.
M <sub>12</sub>	8	4	0.5	0.036	0.072	20		Las muestras se adhirieron al concreto.

**Fuente:** Autoras (2023)

Después de llevar a cabo diversos ensayos de adhesión y durabilidad en el laboratorio, la mayoría de ellos arrojaron resultados satisfactorios. No obstante, algunos de estos resultados no cumplían con los requisitos necesarios para el desarrollo del aditivo impermeabilizante, por tal motivo en el análisis de los resultados se seleccionaron los materiales más efectivos, en este caso se escogió la M<sub>9</sub>, que contiene: acetato de polivinilo, alcohol polivinílico al 3%, lo cual indica que cada 100ml de agua contiene 3ml de alcohol polivinílico, agua, *Cellulose Ethers*, *Redispersible Polymer Powder* (RDP) y cemento. Por otro lado se descartó el que no resultó como se esperaba, el material que se tuvo que eliminar, fue:

**Dióxido de titanio:** a pesar de la adherencia del producto al concreto, este material se utilizó como aclarante y dispersor de la luz, al ver los resultados el componente no tuvo gran efecto. La mezcla se observó sin mucho cambio en el color.

#### **4.2 Establecimiento de un prototipo de mezcla óptima, variando la proporción en la elaboración del impermeabilizante para el uso en losas de concreto**

Teniendo presente los materiales a utilizar para el desarrollo del aditivo impermeabilizante, los cuales son: el acetato de polivinilo, agua, alcohol polivinílico al 3%, Cellulose Ethers, Redispersible Polymer Powder (RDP) y cemento. Se procede a la variación de proporciones, de los resultados anteriores se seleccionó una mezcla, la cual fue el punto de partida.

Como indica el objetivo principal, desarrollo de un aditivo impermeabilizante de bajo costo, fue necesario reducir costos y aumentar la eficacia de la mezcla, por tal motivo se procedió a aumentar los componentes más económicos, por ende, disminuir los más costosos, en este caso es el acetato de polivinilo.

Continuando con lo explicado anteriormente, para reducir costos se decidió aumentar el contenido de alcohol polivinílico al 3%, lo que equivale a 3ml de alcohol por cada 100ml de agua, y se incrementó la presencia de celulosa. Esto se debe a que, según los resultados obtenidos en las primeras muestras, el producto no funcionaba sin este componente (celulosa). Además, se empleó la malla para impermeabilizar en algunas muestras,

mientras que en otras no para observar su comportamiento. Los demás componentes se mantuvieron en las mismas proporciones. (Ver tabla 17)

**Tabla 16. Ensayos del aditivo con diferentes proporciones**

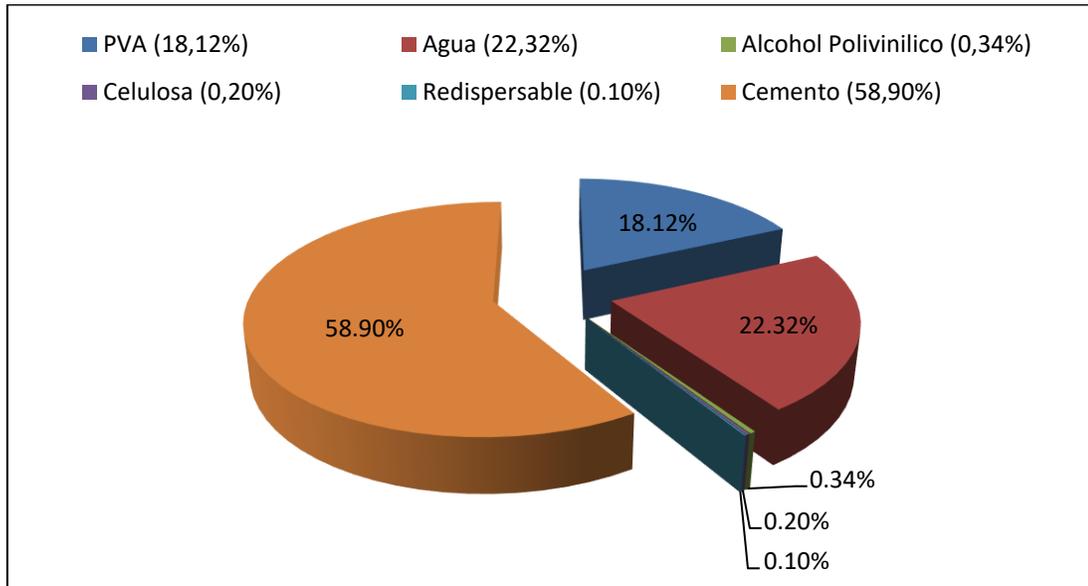
M	PVA (ml)	Agua (ml)	Alcohol polivinílico al 3% (ml)*	Celulosa (gr)	RDP (gr)	Cemento (gr)	Resultado
M <sub>1</sub>	8	4	1	0.036	0.036	21	Todas las muestras se adhirieron al concreto.
M <sub>2</sub>	8	4	2	0.036	0.036	22	
M <sub>3</sub>	8	4	4	0.036	0.036	24	
M <sub>4</sub>	8	4	4	0.072	0.036	24	
M <sub>5</sub>	8	4	6	0.036	0.036	26	
M <sub>6</sub>	8	4	6	0.072	0.036	26	
M <sub>7</sub>	8	4	8	0.072	0.036	28	
M <sub>8</sub>	8	4	10	0.072	0.036	30	
M <sub>9</sub>	8	4	12	0.072	0.036	32	
M <sub>10</sub>	8	4	14	0.072	0.036	34	
M <sub>11</sub>	8	4	9	0.072	0.036	29	

Fuente: Autoras (2023)

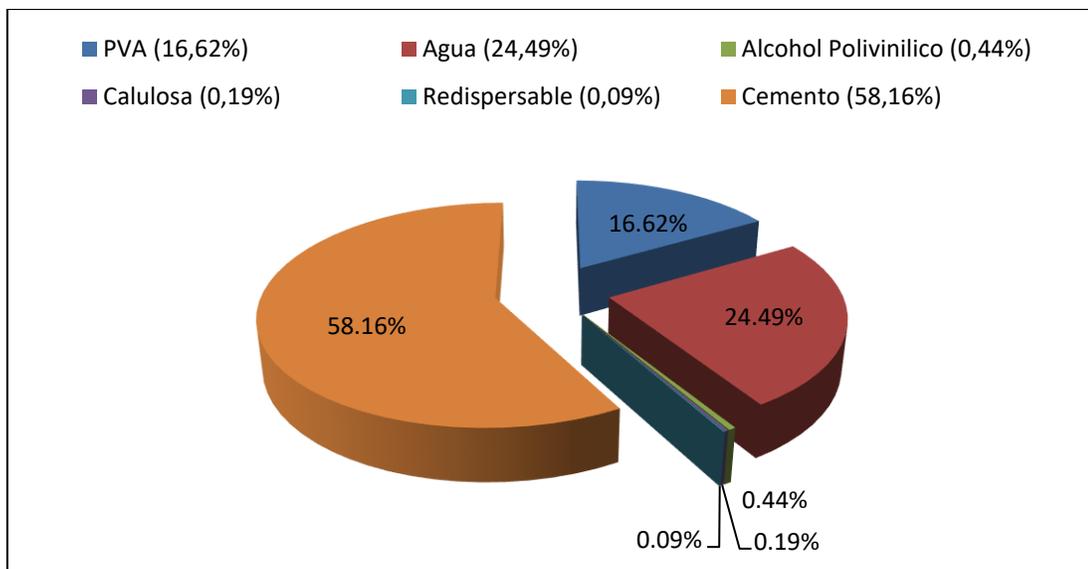
**Tabla 17. Ensayos del aditivo con diferentes proporciones en porcentaje**

M	PVA	Agua	Alcohol polivinílico	Celulosa	RDP	Cemento
M <sub>1</sub>	23.09%	14.58%	0.09%	0.13%	0.13%	61.60%
M <sub>2</sub>	22.17%	16.46%	0.17%	0.12%	0.12%	60.96%
M <sub>3</sub>	19.96%	19.73%	0.22%	0.11%	0.11%	59.87%
M <sub>4</sub>	19.93%	19.71%	0.22%	0.22%	0.11%	59.79%
M <sub>5</sub>	18.14%	22.34%	0.34%	0.10%	0.10%	58.97%
M <sub>6</sub>	18.12%	22.32%	0.34%	0.20%	0.10%	58.90%
M <sub>7</sub>	16.62%	24.49%	0.44%	0.19%	0.09%	58.16%
M <sub>8</sub>	15.34%	26.33%	0.52%	0.17%	0.09%	57.54%
M <sub>9</sub>	14.25%	27.91%	0.59%	0.16%	0.08%	57.00%
M <sub>10</sub>	13.30%	29.28%	0.65%	0.15%	0.07%	56.53%
M <sub>11</sub>	15.96%	25.51%	0.48%	0.18%	0.09%	57.84%

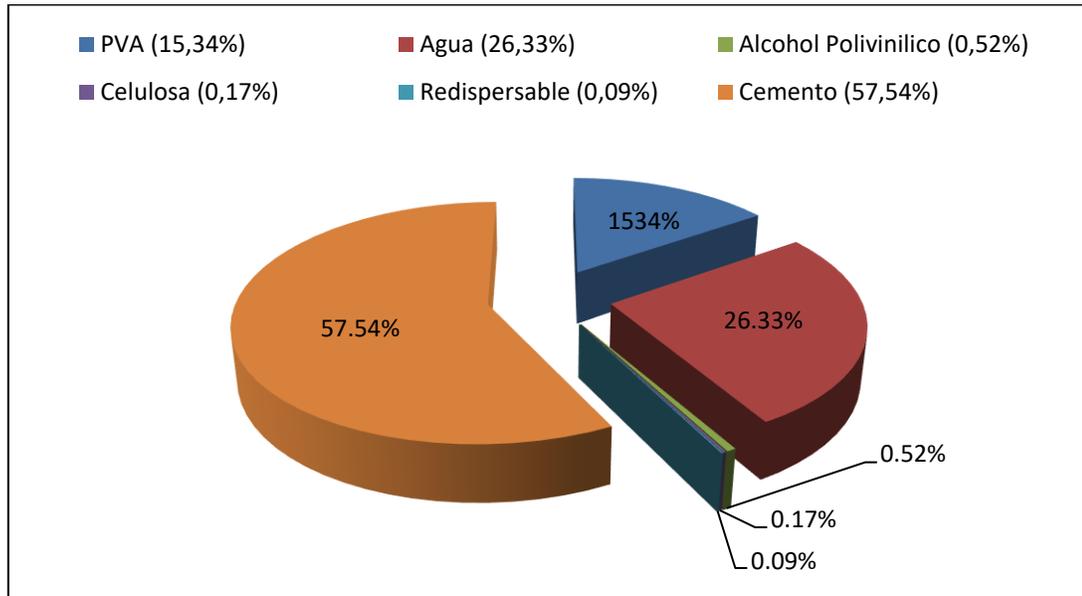
Fuente: Autoras (2023)



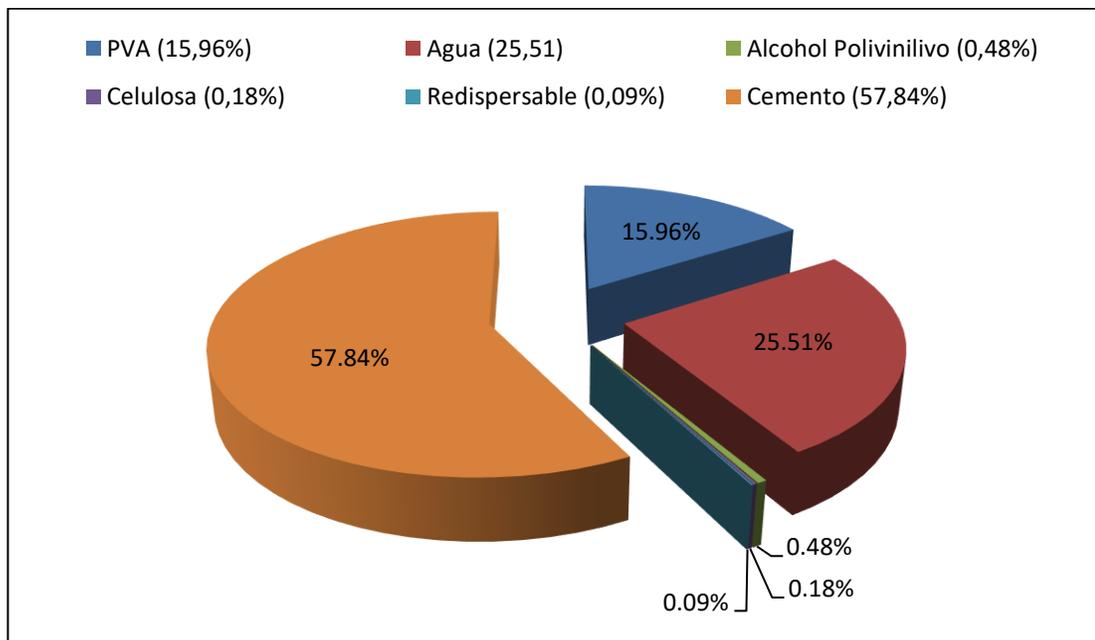
**Gráfica 1. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_6$ ) para la determinación de la mezcla óptima**  
Fuente: Autoras (2023)



**Gráfica 2. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_7$ ) para la determinación de la mezcla óptima**  
Fuente: Autoras (2023)



**Gráfica 3. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_8$ ) para la determinación de la mezcla óptima.**  
Fuente: Autoras (2023)



**Gráfica 4. Porcentajes de materiales que componen la mezcla preseleccionada ( $M_{11}$ ) para la determinación de la mezcla óptima.**  
Fuente: Autoras (2023)

Una vez realizadas las distintas pruebas, y a pesar de que todas se adhirieron al concreto, hubieron unas que obtuvieron mejores resultados, por lo tanto, se descartaron aquellas pruebas que no cumplieron las condiciones; por ejemplo, la prueba  $M_8$  con un porcentaje de alcohol polivinílico de un 0.59% se descartó por presentar fisuras en el plazo de una semana, lo mismo ocurrió con la prueba  $M_{11}$  en el plazo de una semana, por lo que la única que cumplió perfectamente fue la prueba  $M_7$  con un porcentaje de alcohol polivinílico 0.44%, siendo esta la prueba óptima escogida.

#### **4.3 Realización de pruebas experimentales para el estudio del comportamiento del impermeabilizante con respecto a la temperatura y ambientes húmedos según las normas (ASTM D 6083)**

El aditivo impermeabilizante no tiene los mismos resultados dentro de un laboratorio que estando a la intemperie, esto debido a que los materiales utilizados cambian sus propiedades al estar expuestos a las condiciones ambientales, por este motivo, se realizaron distintos ensayos para evaluar su comportamiento.

- **Primer ensayo de adherencia y durabilidad**

En este primer ensayo, se revisó la muestra después de transcurrir un prolongado tiempo, y se observaron grumos superficiales (ver figura 24), así como también fisuras. Por otro lado, falló en cuanto a la adherencia, esto debido a que se desprendió fácilmente por la presencia de otro producto anteriormente aplicado sobre la losa de concreto en este caso SIKA Top 80. (Ver figura 25)



**Figura 24. Grumos en la superficie**  
**Fuente:** Autoras (2023)



**Figura 25. Falla en la adherencia**  
**Fuente:** Autoras (2023)

- **Ensayo de adherencia y durabilidad cambiando el método de aplicación**

En esta muestra donde se cambió el método de mezclado se parando los materiales líquidos de los sólidos y aplicación realizando una limpieza exhaustiva de la superficie; en el resultado se seguía observando una pequeña cantidad de grumos, como también continuaba la aparición de la fisura en la grieta preexistente. (Ver figura 26)



**Figura 26. Muestra cambiando el método de aplicación**  
**Fuente:** Autoras (2023)

- **Ensayo de adherencia y durabilidad con mezcla óptima**

Se decidió seguir realizando los ensayos para darle solución al problema, aumentando la cantidad de alcohol polivinílico y celulosa. Por otra parte, para solucionar la aparición de grumos, se procedió a tamizar el cemento. Pasando a la muestra  $M_7$ , la cual obtuvo el mismo resultado pero en un lapso de tiempo de 3 semanas, por tal motivo fue seleccionada como mezcla óptima, ya que, las anteriores se agrietaban en un lapso de una semana. (Ver tabla 19)

**Tabla 18. Tiempo de falla del aditivo impermeabilizante**

<b>Muestra</b>	<b>Condición</b>	<b>Tiempo de falla (semanas)</b>
$M_6$	Intemperie	1
$M_7$	Intemperie	3
$M_8$	Intemperie	1
$M_{11}$	Intemperie	1

**Fuente:** Autoras (2023)

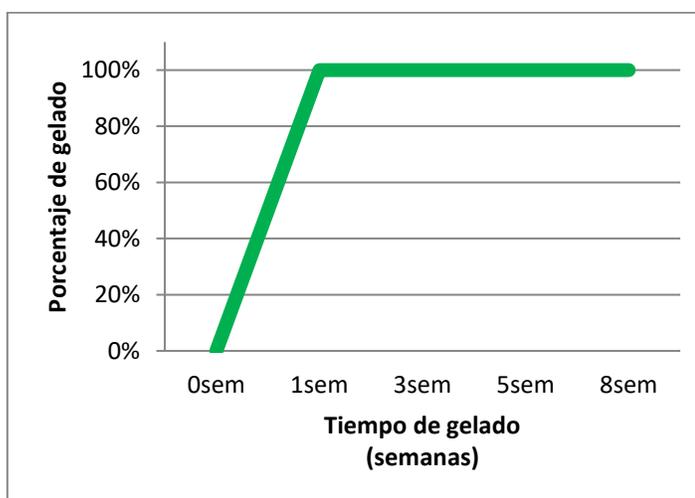


**Figura 27. Mezcla óptima ( $M_7$ )**

**Fuente:** Autoras (2023)

- **Ensayo del aditivo utilizando fibra de vidrio**

En consecuencia, al seguir notando grietas en las muestras se determinó cambiar la malla de poliéster para impermeabilizar por fibra de vidrio tipo MAT en la mezcla óptima, la cual dio excelente resultados (Ver figura 28). En efecto, el cambio fue satisfactorio, al pasar el tiempo se observó una mejor adherencia y compactación del producto. (Ver grafica 5)



**Grafica 5. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla óptima**  
Fuente: Autoras (2023)



**Figura 28. Muestra M<sub>7</sub>**  
Fuente: Autoras (2023)

- **Ensayo de rendimiento**

Este último ensayo se realizó con el fin de comprobar la capacidad del aditivo impermeabilizante en cuanto a rendimiento, esto quiere decir, que se requiere conocer la cantidad exacta de cada material utilizado en  $1m^2$  de losa de concreto. Como también, comprobar la calidad de producto a una mayor escala.

**Tabla 19. Cantidad de material para cubrir  $1m^2$**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
PVA	1 L
Alcohol polivinílico al 3%	1 L
Agua	0.5 L
Celulosa	0.009 Kg
Redispersable	0.0045 Kg
Cemento	2.75 Kg

**Fuente:** Autoras (2023)

Como resultado, en la muestra  $M_7$  se observó un mejor comportamiento en base al tiempo, temperatura y ambientes húmedos. En cuanto a la norma ASTM D 6083, la cual explica que “es imperativo que cualquier revestimiento de techo tenga suficiente tolerancia al movimiento y la inestabilidad dimensional del sustrato del techo a baja temperatura de servicio. La mayoría los recubrimientos funcionan mejor a temperatura ambiente, y tienen menor alargamiento o flexibilidad a bajas temperatura.

Tomando en consideración el clima en Venezuela, esta parte de la norma ASTM con respecto al tema de bajas temperaturas no aplica. En este caso, la norma específica que el recubrimiento debe cumplir ciertos requisitos, como lo es pasar la prueba de flexibilidad y evitar que se vuelva quebradizo a una temperatura de  $-15^{\circ}F$ .

Reforzando el tema sobre la capacidad cuantitativa del producto, a continuación se refleja en ecuaciones el rendimiento en **Kg/m<sup>2</sup>** del producto. Para comprender el cálculo, es importante resaltar dos puntos claves al momento de realizar el ensayo. En primer lugar, no solo se impermeabilizó **1m<sup>2</sup>**, sino que también se reforzó una zona crítica, lo que resultó en un total de **1.3m<sup>2</sup>** impermeabilizados. Además, la fibra de vidrio se dividió en 2 partes, lo que significa que el producto se aplicó en 3 capas, es decir, se llevó a cabo una impermeabilización de **3.9m<sup>2</sup>**.

El peso total del ensayo fue de **4.5Kg** para impermeabilizar **3.9m<sup>2</sup>**, se realiza una regla de 3 para conocer la cantidad en kilogramos a utilizar en **1m<sup>2</sup>**:

$$4.5\text{Kg} * \frac{1\text{m}^2}{3.9\text{m}^2} = \mathbf{1.15\text{Kg}}$$

Ahora bien, ya que el producto se comercializa en **1kg** neto. Se expresa de la siguiente manera:

$$1\text{m}^2 * \frac{1\text{Kg}}{1.15\text{Kg}} = \mathbf{0.86\text{m}^2} \approx \text{Con 2 capas} = \mathbf{0.43\text{m}^2}$$

En caso de **1 Galón**, sería:

$$1\text{m}^2 * \frac{3.78\text{Kg}}{1.15\text{Kg}} = \mathbf{3.29\text{m}^2} \approx \text{Con 2 capas} = \mathbf{1.64\text{m}^2}$$

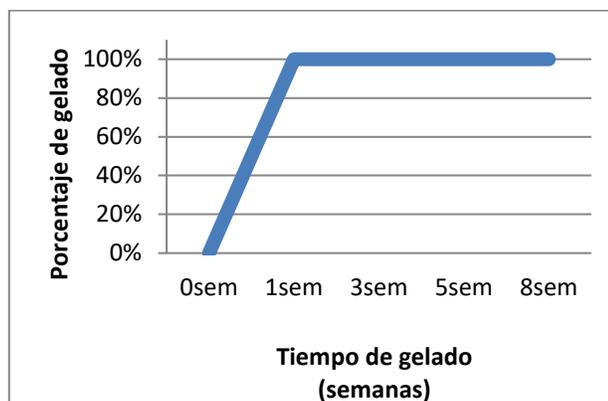
#### **4.4 Clasificación de otros usos donde puede utilizarse**

Una vez seleccionada y establecida la mezcla óptima para el desarrollo del aditivo impermeabilizante, y después de comprobar su efectividad, adherencia y durabilidad a la intemperie. Se procede a probar el producto en otros materiales y clasificar otros usos. A continuación, se

describen cada uno de los materiales en donde se realizaron las pruebas y sus respectivos resultados.

#### 4.4.1 Ensayo con madera

Para este ensayo se unieron dos piezas de madera con el producto impermeabilizante, se dejó actuar una semana (Ver grafica 6). Se comprobó una buena adherencia del producto al material, imposibilitando el desprendimiento de la misma, lo cual sería una gran ventaja para los techos de machihembrado y otras construcciones en madera. (Ver figura 29)



**Grafica 6. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en madera**

**Fuente:** Autoras (2023)

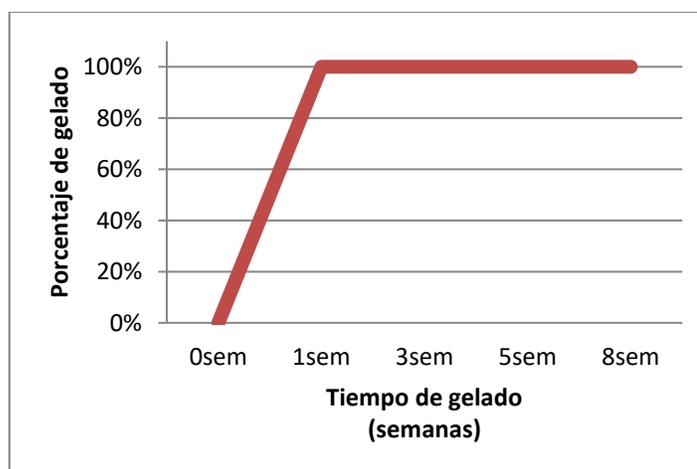


**Figura 29. Ensayo en madera**

**Fuente:** Autoras (2023)

#### 4.4.2 Ensayo en cerámica

En este ensayo se aplicó el producto en un bloque de concreto para luego colocar sobre él una pieza de cerámica, se dejó actuar por una semana y al intentar desprender, este no cedió, por lo que se comprobó una buena adherencia (Ver grafica 7). La ventaja de este ensayo es que al momento de construir, este material no tendrá problema de adherirse al aditivo impermeabilizante. (Ver figura 30).



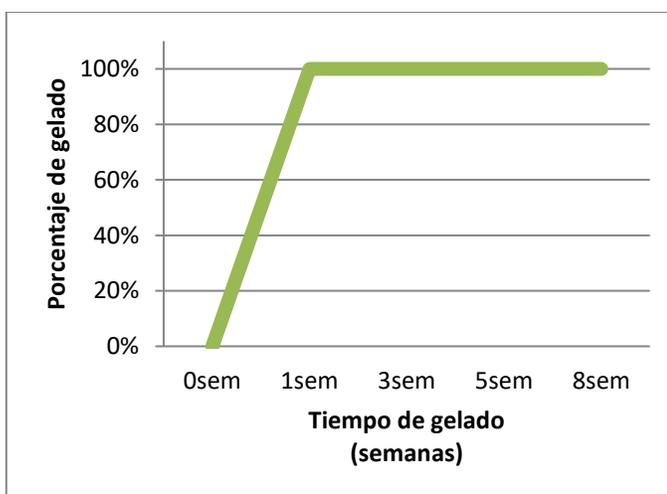
**Grafica 7. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en cerámica**  
Fuente: Autoras (2023)



**Figura 30. Ensayo en cerámica**  
Fuente: Autoras (2023)

#### 4.4.3 Ensayo en mármol y granito

Para la realización de este ensayo se siguieron los pasos anteriores, dejándolo actuar por el mismo tiempo y de igual modo en los intento de separar las piezas, no hubo resultado, estas no se lograron despegar (Ver grafica 8). Esto indica la eficacia del producto en estos materiales, por ende, su buena adherencia y durabilidad. (Ver figuras 31 y 32)



**Grafica 8. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en mármol y granito**  
Fuente: Autoras (2023)



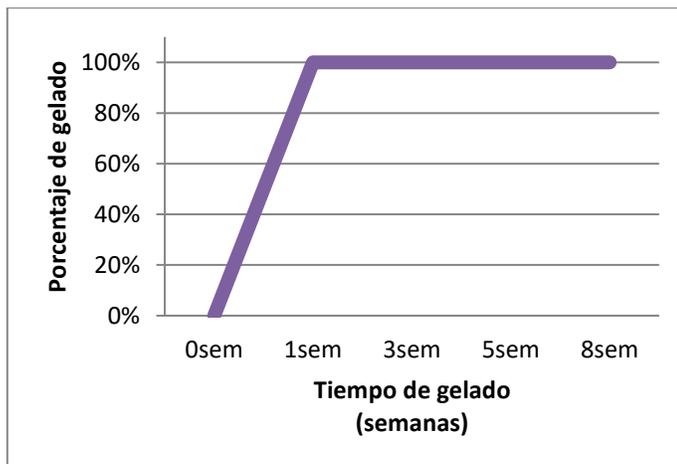
**Figura 31. Ensayo en mármol**  
Fuente: Autoras (2023)



**Figura 32. Ensayo en granito**  
Fuente: Autoras (2023)

#### 4.4.4 Ensayo en láminas de zinc

Las láminas de zinc, son un material muy utilizado en los techos de edificaciones tanto antiguas como modernas, fue de gran importancia probar este aditivo impermeabilizante en dicho material. Para esto se aplicó la mezcla sobre el zinc y pasado el tiempo esta obtuvo, como en los ensayos anteriores, muy buenos resultados, mostrando la eficacia del producto. (Ver grafica 9 y figura 33)



**Grafica 9. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en láminas de zinc**

**Fuente:** Autoras (2023)

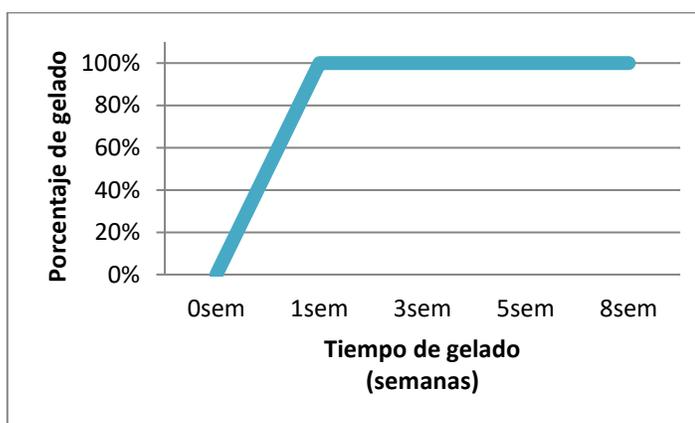


**Figura 33. Ensayo en láminas de zinc**

**Fuente:** Autoras (2024)

#### 4.4.5 Ensayo en fibra de vidrio

Se conoce la fibra de vidrio como unos de los materiales más utilizados en la construcción y fabricación de productos tales como tanques de almacenamiento, bañeras, piscinas, entre otros. En general, para resguardo de líquidos, por tal motivo se decidió probar el producto en este material. Simplemente se aplicó sobre la fibra y se dejó actuar por una semana, en ese tiempo se comprobó la eficacia de la misma. (Ver gráfica 10 y figura 34)



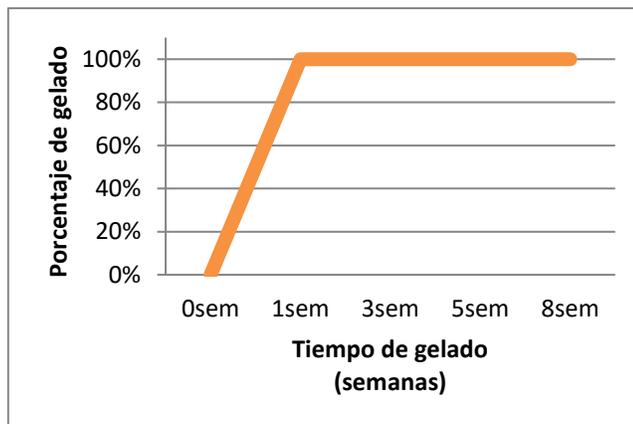
**Grafica 10. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en fibra de vidrio**  
Fuente: Autoras (2023)



**Figura 34. Ensayo en fibra de vidrio**  
Fuente: Autoras (2024)

#### 4.4.6 Ensayo en PVC

Este material es fundamental en las construcciones por ser conducto de líquidos, como también para la fabricación de tanques de almacenamiento, es por ellos la importancia de probar la funcionabilidad del producto en el PVC. Para eso, al igual que en los ensayos anteriores se aplicó el producto y se dejó actuar (Ver grafica 11). Pasado el tiempo después de varios intentos de despegar el aditivo impermeabilizante, sin éxito, se comprobó la buena adherencia de la mezcla al material. (Ver figura 35)



**Grafica 11. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en PVC**

**Fuente:** Autoras (2023)

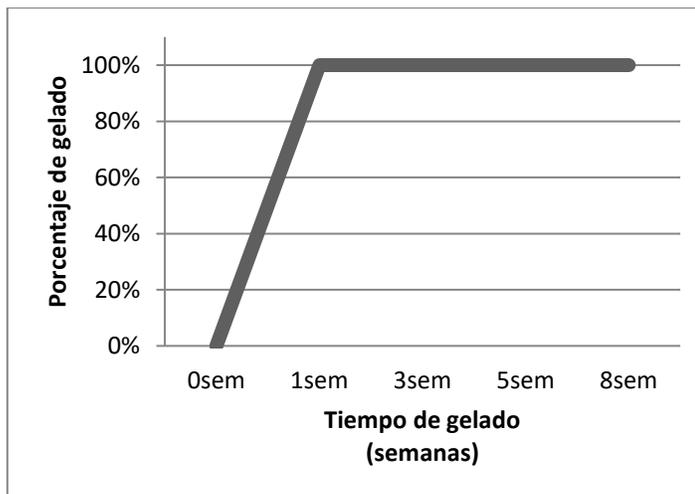


**Figura 35. Ensayo en PVC**

**Fuente:** Autoras (2023)

#### 4.4.7 Ensayo concreto fraguado – concreto fresco

Para evaluar la adherencia del producto, en este caso se aplicó sobre una pieza de concreto fraguado, por dos semanas, para luego añadir una mezcla de concreto fresco sobre el aditivo, todo esto con el objetivo de demostrar la posibilidad de construir sobre el aditivo impermeabilizante y así medir la resistencia de esta unión y asegurar la calidad y durabilidad de la estructura. (Ver grafica 12)



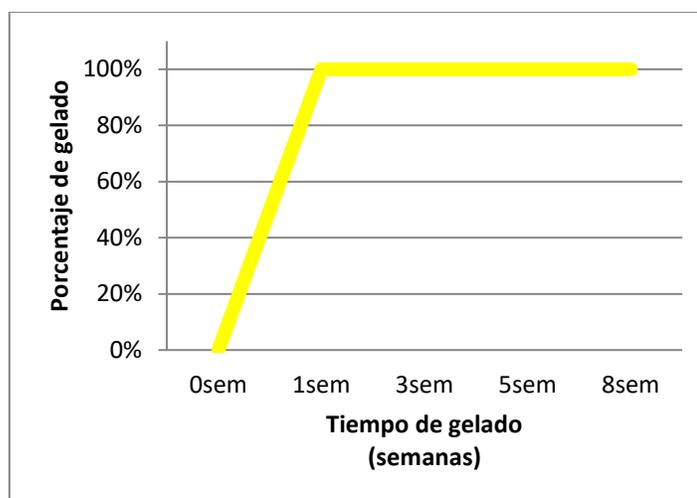
**Grafica 12. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo concreto fraguado – concreto fresco**

**Fuente:** Autoras (2023)

#### 4.4.8 Ensayo en el interior de la edificación

La protección de losas de concreto como objetivo principal de la investigación contra la filtración y la humedad, hace base importante para la decisión de aplicar el producto dentro de la edificación para así comprobar su eficacia tanto externamente expuesto a la intemperie, como internamente. Para su aplicación se realizó una preparación meticulosa del área, que

incluyo el raspado del techo para eliminar los restos de pintura generados por la humedad. Posteriormente, se enriqueció del aditivo adicionándole cemento para lograr una mezcla más sólida transformándolo en una pasta que fue aplicada sobre las grietas. Después de aplicar el producto y permitir que se secase correctamente, se llevó a cabo el lijado del techo con el objetivo de eliminar irregularidades, nivelar la superficie y prepararla para la aplicación de la pintura. (Ver grafica 13)



**Grafica 13. Relación tiempo y porcentaje de gelado de la mezcla en el ensayo en el interior de la edificación**

**Fuente:** Autoras (2023)

#### **4.5 Elaboración de un análisis de costo comparativo entre el impermeabilizante fabricado y un producto expuesto en el mercado, utilizando el programa comercial “Lulowin 2008”**

Para alcanzar el último objetivo, se llevó a cabo un análisis de precio unitario (APU) y se elaboró un presupuesto tomando como base el contenido neto de 1 Galón, lo que arrojó un precio total de 33.44\$. Asimismo, se realizó un análisis del costo por kg, resultando en un valor de 9.01\$, para así realizar la comparación con otros expuestos en el mercado.

A continuación, en la tabla 21 se encuentra la comparación con otros aditivos impermeabilizantes expuestos en el mercado, para esto se realizaron diversas entrevistas tanto físicas como virtuales, como ejemplo mercado libre, donde se facilita las características y propiedades de cada uno de los productos. En este caso se compara con los productos de 1 Kg de contenido neto. Tomando en cuenta, que en los comercios para generar ganancias le aumentan el 30% al costo de fabricación, aumentándole al precio original que serán 9.01\$, quedaría con un costo de 11.71\$. Comparado con la empresa SIKA, es más económico y posee mayor rendimiento por día, como también una mayor variedad de usos.

**Tabla 20. Cuadro comparativo del costo del aditivo impermeabilizante y otros productos**

<b>Adhesivo</b>	<b>Contenido neto</b>	<b>Costo</b>
Aditivo impermeabilizante	1kg	11.71\$
Sika Top80	1kg	20.00\$
Adesi-top #405	1kg	17,00\$

**Fuente:** Autoras (2024)

**Tabla 21. Comparación del precio con respecto al rendimiento**

<b>Adhesivo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Aditivo impermeabilizante	1kg/m <sup>2</sup>	13.47\$
Sika Top80	1kg/m <sup>2</sup>	24.20\$
Adesi-top #405	1kg/m <sup>2</sup>	20.46\$

**Fuente:** Autoras (2024)

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Para el desarrollo del impermeabilizante se comenzó a trabajar con: Acetato de vinilo, Dióxido de titanio, Agua, Celulosa, Redispersable y Cemento. Después de realizar distintas pruebas se descartó el dióxido de titanio y se añadió el alcohol polivinílico. Concluyendo que los materiales para el aditivo impermeabilizante son: Acetato de vinilo, Alcohol polivinílico, Agua, Celulosa, redispersable y cemento.
- Después de un proceso de experimentación y variando un total de 11 muestras, se determinó el prototipo de mezcla optima, compuesta por 16,62% de PVA, 24,49% de agua, 0,44% de alcohol polivinílico, 0,19% de celulosa, 0,09% de redispersable y 58,16% de cemento..
- La mezcla óptima demostró adherencia, compactación, impermeabilidad y durabilidad a la temperatura y ambientes húmedos. Cumpliendo con todos los requisitos establecidos en la norma ASTM D6083 en cuanto a calidad, seguridad, y rendimiento.
- Este prototipo de mezcla (M<sub>7</sub>) mostró eficacia al momento de su aplicación no solo en losas de concreto, sino también en una amplia variedad de superficies como cerámica, mármol, granito, láminas de zinc, fibra de vidrio, madera y PVC.

- A su vez, se confirmó la efectividad del aditivo impermeabilizante en el concreto fraguado, así como su capacidad de adherirse a una nueva capa de concreto fresco.
- Se comprobó que la malla de poliéster la cual es comercializada para esta actividad, no funciona con este aditivo impermeabilizante, por otro lado, las pruebas realizadas demostraron que la fibra de vidrio tipo Mat mostro una excelente mejora en cuanto a resistencia, compactación y flexibilidad.
- El aditivo impermeabilizante tiene características únicas que lo distinguen notablemente de los aditivos convencionales disponibles en el mercado, como los ofrecidos por la empresa SIKA. Esta fórmula, no solo cumplió con normas e instalaciones similares, sino que también demostró la capacidad de adherirse a una amplia variedad de superficies, incluyendo láminas de zinc, PVC, fibra de vidrio, entre otros.
- El análisis comparativo de costos revelo que el aditivo impermeabilizante, ofrece un costo competitivo con un valor de 11.71\$, en comparación con los productos alternos en el mercado. En contraste, otros aditivos en el mercado, como el producto SIKA Top80, tiene un costo significativamente mayor, con un valor de 20.00\$, lo que representa una diferencia de 8.29\$. Por lo que el análisis de costos respalda la elección del aditivo impermeabilizante como una opción rentable y efectiva para protección de las losas de concreto.

## 5.2 Recomendaciones

- Usar materiales de buena calidad para la elaboración del aditivo impermeabilizante y así asegurar su eficacia.
- Seguir al pie de la letra las indicaciones proporcionadas, ya que cada componente desempeña una función esencial en la mezcla. Cualquier alteración en las proporciones podría resultar en modificaciones no deseadas en el rendimiento del aditivo, afectando su eficacia y durabilidad.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales en las que se aplicará el aditivo impermeabilizante, ya que factores externos pueden impactar significativamente en su correcta aplicación y adherencia. La temperatura, la humedad, precipitaciones y la exposición a la luz solar directa son elementos que pueden influir en el tiempo de fraguado y la eficacia del aditivo.
- Realizar una evaluación exhaustiva de la superficie antes de aplicar el producto, con el fin de detectar posibles irregularidades, humedad o grietas que puedan impactar en la correcta aplicación del aditivo impermeabilizante. Esta inspección previa permitirá tomar las medidas necesarias para preparar la superficie de manera adecuada, asegurando así que el aditivo se aplique en condiciones óptimas para garantizar su eficacia y durabilidad.
- Preparar la mezcla respetando el tiempo de aplicación, el cual no debe exceder los 15min. Pasado este tiempo, en la mezcla comienza

a formarse una película, por lo que es importante ir batiendo mientras se aplica sobre la superficie.

- Aplicar el aditivo impermeabilizante tomando en cuenta que la superficie este completamente libre de cualquier obstrucción o contaminante, ya que puede afectar negativamente la adherencia del producto, comprometiendo su eficacia. Por lo tanto, es recomendable realizar una limpieza exhaustiva y garantizar que la superficie este completamente despejada y húmeda para recibir el aditivo.
- Usar como refuerzo la fibra de vidrio tipo MAT en toda la superficie a impermeabilizar, reforzando aún más las zonas críticas.
- Utilizar este aditivo impermeabilizante, ya que ofrece una solución integral a una variedad de necesidades, por otro lado, su gran versatilidad permite su aplicación en distintas superficies y condiciones, brindando protección duradera contra la humedad y otros elementos. Además, su rentabilidad se destaca al ofrecer un alto rendimiento, lo que se traduce en ahorro tanto en costo como en tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arancibia, F. (2008, mayo 31). Ingeniería y Construcción. Información de: <https://facingyconst.blogspot.com/2008/05/impermeabilidad-y-proteccion-de-obras-de.html>.
- Arias, F. (2016). El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. (Séptima edición). Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Blog Dearkitectura, (s.f), Propiedades del concreto. Recuperado de <https://dearkitectura.blogspot.com/2012/06/propiedades-del-concreto.html>.
- Blog Estructplan, (2005, mayo 30). Acetato de vinilo. Recuperado de <https://estructplan.com.ar/acetato-de-vinilo>.
- Blog Ferrovial, (s.f). Cemento. Recuperado de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/cemento/>.
- Blog Max, (2022, Septiembre 21). Tipos de impermeabilizantes. Recuperado de <https://maxacero.com/blog/7-tipos-de-impermeabilizantes-que-existen/>.
- Blog Miarco, (2018, junio 12). ¿Que son la adhesión y la cohesión? Recuperado de <https://www.miarco.com/blog/que-son-la-adhesion-y-la-cohesion/>.
- Blog Nazza, (s.f.). Manta Fibra de Vidrio MAT de Diferentes Gramajes. Recuperado de [https://www.nazza.es/fibra-vidrio/268-fibra-vidrio-mat-gramajes.html#/43-formato-1\\_m2/340-gramaje-mat\\_300](https://www.nazza.es/fibra-vidrio/268-fibra-vidrio-mat-gramajes.html#/43-formato-1_m2/340-gramaje-mat_300).
- Blog Prisa, (s.f.). Tips para impermeabilizar rápido y fácil. Recuperado de <https://www.prisa.mx/blog/tips-para-impermeabilizar-rapido-y-facil/>.
- Blog Proimper (s.f.). Tomar en cuenta la viscosidad para impermeabilizar. Recuperado de <https://proimper.mx/aprovecha-tu-impermeabilizante-toma-en-cuenta-la-viscosidad/>.
- Blog Racsa, (2020, octubre 26). Impermeabilizante. Recuperado de <https://racsapinturas.com.mx/blog-2/>.

- Blog Rheonics, (2021, Septiembre 05). ¿Qué son la gelificación y el curado? Disponible en: <https://es.rhncics.com/what-is-gelation-and-curing-what-makes-viscosity-important/>.
- Blog SciElo, (2018, diciembre 14). Análisis sobre el crecimiento de hongos en diferentes revestimientos aplicados a sistemas ligeros. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732019000100005](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000100005).
- Bonett, A., Pérez, O. (2023). Fabricación de pegamento para anclajes de acero estructural en concreto fraguado utilizando materiales de bajo costo. [Tesis de grado, Universidad de Oriente].
- Chávez, D. & Lázaro, A. (2022, Noviembre 21). Aplicación de sikalastic – 1k para la impermeabilización de tanque de tratamiento de aguas residuales. [Tesis de pregrado]. Universidad de San Martín de Porres, Lima.  
[https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/11166/chavez\\_hde-lazaro\\_eaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/11166/chavez_hde-lazaro_eaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Correa, M. (19 de noviembre de 2014). ¿Qué son los polvos Redispersables y sus ventajas de usarlo en la construcción? AP. Disponible en: <http://apexperteam.blogspot.com/2014/11/PolvosRedispersables.html?m=1>.
- García, M. (2017, mayo 22). Humedad por filtración, disponible en <https://www.certicalia.com/blog/que-es-la-humedad-por-filtracion#:~:text=Se%20denomina%20humedad%20por%20filtraciones,normalmente%20da%20lugar%20a%20manchas>.
- Girón, A., Ramírez, F. (2016). Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]  
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4982/Gir%C3%B3nRodr%C3%ADguezAndr%C3%A9sFelipe2016.pdf?sequence=1>.
- González, I. (2023, marzo 25). Tipos de losas, <https://es.scribd.com/document/633700312/Tiposde-Losas>.
- Gutiérrez, E. (2013). Aditivos impermeabilizantes en el concreto. [Archivo PDF]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/181284430/Aditivos-impermeabilizantes-en-El-Concreto>.

- Hernández, E. (2014, noviembre 24). Alcohol polivinílico. Pochteca. Disponible en: <https://mexico.pochteca.net/alcohol-polivinilico/>.
- Hurtado, J. (2006). El proyecto de investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación. (Quinta edición). Editorial Quirón y Sypal. Caracas, Venezuela.
- Hurtado, J. (2012). El proyecto de investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación. (Séptima edición). Editorial Quirón y Sypal. Caracas, Venezuela.
- Londoño, E. (2021, junio 28). Losas de concreto: guía de tipos, sistemas y procesos productivos. PSI. Disponible en <https://psiconcreto.com/losas-de-concreto/>.
- López, P. (2017, Julio 22). La humedad, riesgo para las estructuras de concreto, disponible en <https://impermeabilizaciondelconcreto.wordpress.com/2017/07/22/la-humedad-riesgo-para-las-estructuras-de-concreto/>.
- López, P (2018, enero 21). Tipos de aditivos para impermeabilizar concreto, disponible en <https://impermeabilizaciondelconcreto.wordpress.com/2018/01/21/tipos-de-aditivos-para-impermeabilizar-concreto/>.
- Noriega, C. (2013, noviembre 25). Reacciones irreversibles y reversibles. Blog Prezi. Disponible en: <https://prezi.com/gtt02gam8bi8/reacciones-irreversibles-y-reversibles/>.
- Norma ASTM D6083 (1995). Especificaciones estándar para recubrimiento acrílico de aplicación líquida utilizado en techos. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Estados Unidos.
- Norma ASTM D6083 - [05]  $\epsilon$ 1 (2005). Especificaciones estándar para recubrimiento acrílico de aplicación líquida utilizado en techos<sup>1</sup>. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Estados Unidos.
- Norma ASTM G05 - 06 (2016). Terminología estándar relacionada con la corrosión y las pruebas de corrosión. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Estados Unidos.

Ondarse, D. (2021, Agosto 22). Mezcla. Enciclopedia Concepto. Editorial Etecé. Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

Ondarse, D. (2022, septiembre 29). Materiales. Disponible en <https://humanidades.com/materiales/>.

Pérez, J. (2021, Junio 8). Celulosa, disponible en <https://definicion.de/celulosa/>.

Porrero, J., Ramos, c., Grases, J. & Velasco, G. (2014). Manual de Concreto Estructural, Caracas, Venezuela: Editorial Arte. Disponible en: <https://es.slideshare.net/osgonbri/manual-del-concreto-estructural-g-velazco>.

Rodríguez, C. (2015). Eficiencia de aditivos impermeabilizantes por cristalización para el hormigón en Guayaquil. [Tesis de grado, Universidad Espíritu Santo] <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/464/1/TESIS%20DE%20CARLOS%20RODRIGUEZ.pdf>.

Umiri, D. (S.f.). Los aditivos para el concreto. Recuperado de <https://www.yura.com.pe/blog/los-aditivos-para-el-concreto/>.

Umiri, D. (S.f.). Tipos de aditivos. Recuperado de <https://www.yura.com.pe/blog/tipos-de-aditivos/>.

Valdivieso, A. (s.f). ¿Qué es el agua? Blog agua. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>.

Zaruma, J. (2022, Abril 25). Filtraciones de aguas en viviendas, disponible en <https://es.linkedin.com/pulse/filtraciones-de-agua-en-viviendas-jorge-alberto-zaruma-campoverde>.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	Desarrollo de un aditivo impermeabilizante de bajo costo para la protección de losas de concreto contra la humedad y la filtración de agua.
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Lárez Hernández, Mónica Daniela	<b>CVLAC</b>	<b>26.000.908</b>
	<b>e-mail</b>	Monik.larez@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Rodríguez Pérez, Oriana Gabriela	<b>CVLAC</b>	<b>26.853.799</b>
	<b>e-mail</b>	Origabriela.r1999@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

Aditivo
Impermeabilizante
Mezcla
Materiales
Propiedades

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil
<b>Línea de investigación</b> Materiales de construcción	

Resumen (abstract):

### Resumen

El presente trabajo de investigación de tipo experimental, tuvo como objetivo principal, desarrollar un aditivo impermeabilizante de bajo costo para proteger losas de concreto de la filtración y humedad. Para la realización del mismo se tuvo que monitorear distintas mezclas con materiales anteriormente comprobados por su buena adherencia y variando los mismos hasta la obtención de la óptima, la cual fue sometida a diferentes pruebas para asegurar su calidad, todo esto bajo el seguimiento y cumplimiento de la norma americana ASTM D6083. Por otro lado, dentro del nivel de investigación se definió como explicativa y descriptiva, ya que se cumplió un proceso para el desarrollo del proyecto donde se comprobó el buen funcionamiento del aditivo impermeabilizante tanto en la parte interna como externa de las edificaciones, teniendo este las mismas características y propiedades que los expuestos en el mercado y de menor costo. El aditivo impermeabilizante fue probado en materiales como madera, láminas de zinc, PVC, mármol y granito, con la intención de demostrar otros usos, el cual cumplió con lo esperado.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
<b>Jesús Álvarez</b>	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
	CVLAC	4.510.362									
	e-mail	alexcar2005@gmail.com									
	e-mail										
<b>Guillermo Serrano</b>	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	22.874.376									
	e-mail	gserranozeledon@gmail.com									
	e-mail										
<b>Gabriela Prado</b>	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	18.594.213									
	e-mail	gabrielaprado577@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	07	12

Lenguaje: SPA

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
AECTTG_CGHJSTOA2024	Application/word

Alcance:

Espacial  
Temporal

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Ingeniero Civil

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pregrado

**Área de Estudio:** Departamento de Ingeniería Civil

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente  
Extensión Cantaura.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. **Abul K. Bashirullah**, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

cordialmente,

**JUAN A. BOLAÑOS CUAJELA**  
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Razely</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Niveles, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teletecnología, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manja

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6.6**

**Derechos:**

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."**



---

Lárez H., Mónica D.  
**AUTOR**



---

Rodríguez P., Oriana G.  
**AUTOR**



---

Prof. Jesús Álvarez  
**TUTOR**