



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MÉTODOS DE
IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES EN PAREDES EN
EDIFICACIONES RESIDENCIALES”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

CHALÉN CHALCO CHARLYE CHRISTOPHER

TUTOR:

ING. DENNIS ENRIQUE RODRÍGUEZ SUÁREZ, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2026

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, por su amor incondicional y su constante fe en mí y por ser mi fuente de inspiración. Este trabajo es el reflejo de su apoyo.

Chalén Chalco Charlye Christopher

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a todo el personal académico y administrativo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y en especial a mi tutor de tesis, por su valiosa guía y apoyo incondicional. A mi familia, por su amor y paciencia. Y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme la oportunidad de culminar esta meta.

Chalén Chalco Charlye Christopher

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Curricular denominado "Evaluación comparativa de métodos de impermeabilización de superficies en paredes en edificaciones residenciales" elaborado por el Sr. CHALEN CHALCO CHARLYE CHRISTOPHER, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR


f. _____
Ing. Rodríguez Suarez Dennis Enrique, MSc.

La Libertad, a los 20 del mes de Julio del año 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chalén Chaleo Charlye Christopher

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **“Evaluación comparativa de métodos de impermeabilización de superficies en paredes en edificaciones residenciales”** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 03 del mes de Agosto del año 2026

EL AUTOR



Chalén Chaleo Charlye Christopher

AUTORIZACIÓN

Yo, Chalén Chalco Charlye Christopher

Autorizo/Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación denominado **"Evaluación comparativa de métodos de impermeabilización de superficies en paredes en edificaciones residenciales"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 03 del mes de Agosto del año 2026

EL AUTOR



Chalén Chalco Charlye Christopher

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MÉTODOS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES EN PAREDES EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES", elaborado por el estudiante CHALEN CHALCO CHARLYE CHRISTOPHER, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio, luego de haber cumplido con los requerimientos de valoración, el presente trabajo de titulación, se encuentra con un 6% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el siguiente certificado.

Adjunto del reporte de análisis.

Atentamente,



Ing. Dennis Enrique Rodríguez Suarez, MSc.
DOCENTE TUTOR
C.I.: 0913031423

La Libertad, a los 20 del mes de Julio del año 2026

Documento para revision

ID : 9c5ac1285287eabadd0fd70761b006d2c2661b8

 **6%**
Textos sospechosos

Nombre del fichero : Documento para revision.txt
Tamaño del archivo original : 2,56 MB
Número de palabras : 9231

Depositante : Nestor Orrala Vera
Fecha de depósito : 20 de julio de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 20 de julio de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

 **Similitudes** **4%**

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



 **Detección de IA** **2%**

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

 **Textos entre comillas** **<1%**

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



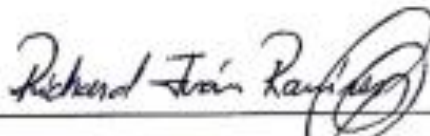
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Ph.D.
DIRECTORA DE CARRERA



Ing. Néstor Alberto Orrala Vera, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Dennis Enrique Rodríguez Suárez, MSc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

Lcda. Cinthya Cruz Méndez Mgt.
Celular: 0990146637
Correo: cinthya.cruz@educación.gob.ec
cinthyacruz41@hotmail.com

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **CINTHYA JOHANNA CRUZ MÉNDEZ**, **MAGISTER EN EDUCACIÓN BÁSICA**, con registro de la SENESCYT No. **1023-2024-2901143**, por medio de la presente tengo a bien **CERTIFICAR**: Que se ha revisado la redacción y ortografía del Trabajo de Integración Curricular elaborado por:

CHARLYE CHRISTOPHER CHALEN CHALCO

CI: 0927269175

Previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, cuyo tema es:

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MÉTODOS DE
IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES EN PAREDES EN
EDIFICACIONES RESIDENCIALES”**

Por lo antes expuesto, certifico que el documento revisado está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones y coherencia en todo el contenido. Además de que el trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y de sintaxis vigentes.



**CINTHYA JOHANNA
CRUZ MÉNDEZ**

Lcda. Cinthya Cruz Méndez Mgt.
0923403281
R. SENESCYT No. 1023-2024-2901143

CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. HIPÓTESIS.....	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. ALCANCE.....	6
1.5. VARIABLES	7
1.5.1. Variable dependiente	7
Mitigación de patologías por humedad en paredes.....	7
1.5.2. Variable independiente	7
Tipos de impermeabilizantes líquidos (Resina Acrílica, Membrana Elastomérica y Cemento Asfáltico)	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Termodinámica y Física de la Humedad en Edificaciones.....	10
2.2.2. Fenómenos de transporte de agua.....	11
2.2.2.1. Difusión de vapor	12
2.2.2.2. Flujo capilar o humedad ascendente.....	13
2.2.2.3. Permeabilidad bajo presión hidrostática.....	15
2.2.3. Porosidad y absorción de materiales cementicios.....	16
2.2.4. Impermeabilización en la construcción	18
2.2.5. Sistemas de impermeabilizantes	20
2.2.5.1. Membranas líquidas.....	21
2.2.5.2. Membranas asfálticas	23
2.2.5.3. Membranas sintéticas	24

2.3. Normativa ecuatoriana aplicable: NEC-2015 ASTM C36.....	26
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador	26
2.3.2. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS)	26
2.3.3. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).....	27
2.3.4. Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN)	27
2.3.5. Código Civil Ecuatoriano	28
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	29
3.1. Enfoque Metodológico.....	29
3.2. Diseño de investigación	29
3.3. Unidad de Análisis (Muestra Experimental).....	30
3.4. Materiales e Instrumentos Técnicos.....	31
3.5. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos	32
3.5.1. Instrumentos.....	32
3.6. Operacionalización de variables	33
3.7. Procedimiento Experimental (Fases desarrolladas)	33
3.8. Procesamiento y análisis de datos	37
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
4.1. Resultados de la absorción de agua.....	39
Discusión de resultados de la absorción de agua	41
4.2. Ganancia de masa por absorción de agua	41
Discusión de los resultados de ganancia de masa	43
4.2.1. Reducción porcentual de la absorción de agua respecto al grupo control	44
4.2.2. Comparación porcentual de reducción de la ganancia de masa.....	47
4.3. Evaluación de humedad visible y filtraciones.....	49
Análisis	50
4.4. Estado físico de la superficie de los muretes	51
Análisis	52

4.5. Análisis económico y relación costo-beneficio de los impermeabilizantes evaluados.....	53
Análisis	57
4.6. Discusión general de la investigación.....	57
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO A. FICHA DE OBSERVACIÓN TÉCNICA DEL IMPERMEABILIZANTE	75
ANEXO B. GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	76
ANEXO C. FICHA DE REGISTRO EXPERIMENTAL DE ABSORCIÓN DE AGUA.....	78
ANEXO D. FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE FILTRACIONES	79
ANEXO E. FICHA DE INSPECCIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA SUPERFICIE.....	80
ANEXO F. MATRIZ DE COSTOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Difusión de vapor	13
Figura 2. Humedad por capilaridad	14
Figura 3. Eflorescencias por Humedad por capilaridad	14
Figura 4. Presión hidrostática	15
Figura 5. Permeabilidad bajo presión hidrostática	16
Figura 6. Porosidad en materiales cementicios.....	17
Figura 7. Impermeabilización en la construcción.....	19
Figura 8. Impermeabilización deficiente en edificaciones	21
Figura 9. Impermeabilización líquida.....	22
Figura 10. Membrana Asfáltica	23
Figura 11. Membrana sintética	24
Figura 12. Membrana sintética caucho	25
Figura 13. Preparación y curado.....	34
Figura 14. Aplicación de Productos Ecuatorianos.....	35
Figura 15. Ensayo de exposición	36
Figura 16. Promedio de absorción de agua de los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes	40
Figura 17. Ganancia de masa promedio de los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes.	43
Figura 18. Reducción porcentual de la absorción de agua	45
Figura 19. Reducción porcentual de la ganancia de masa de los muretes tratados con impermeabilizantes respecto al grupo control	48
Figura 20. Presencia de humedad visible en los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes.	50
Figura 21. Evaluación del estado físico de la superficie de los muretes después de la exposición al agua.....	52
Figura 22. Costo de aplicación por metro cuadrado de los impermeabilizantes evaluados.	54
Figura 23. Relación costo-beneficio de los impermeabilizantes evaluados.	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Membrana líquida acrílica de origen ecuatoriano	30
Tabla 2 Matriz de resultados de absorción de agua y ganancia de masa de los sistemas impermeabilizantes evaluados	37
Tabla 3 Absorción de agua de los muretes tratados con diferentes impermeabilizantes.....	39
Tabla 4 Ganancia de masa registrada en los tratamientos evaluados	42
Tabla 5 Reducción porcentual de absorción respecto al grupo control.....	45
Tabla 6 Reducción porcentual de ganancia de masa respecto al grupo control .	47
Tabla 7 Evaluación de humedad visible y filtraciones en los tratamientos evaluados	49
Tabla 8 Evaluación del estado físico de la superficie después del ensayo	51
Tabla 9 Costos de aplicación de los impermeabilizantes evaluados	54
Tabla 10 Relación entre absorción de agua y costo de aplicación	55
Tabla 11 Aplicabilidad de las diferencias normativas.....	59

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MÉTODOS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES EN PAREDES EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES”

Autor: Chalen Chalco Charlye Christopher

Tutor: Ing. Rodríguez Suarez Dennis Enrique, Msc.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar comparativamente la eficiencia técnica y económica de diferentes métodos de impermeabilización de superficies en paredes de edificaciones residenciales, mediante el análisis del comportamiento de tres impermeabilizantes líquidos comerciales: resina acrílica, membrana elastomérica y cemento asfáltico. La metodología empleada correspondió a un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y alcance comparativo. Se construyeron doce muretes de hormigón distribuidos en cuatro grupos: un grupo control sin tratamiento y tres grupos experimentales tratados con los impermeabilizantes evaluados. Las variables analizadas fueron absorción de agua, ganancia de masa, presencia de humedad visible, filtraciones, estado físico superficial y costo de aplicación. Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva y representados mediante tablas y gráficos comparativos. Los resultados demostraron que todos los tratamientos impermeabilizantes redujeron significativamente la absorción de agua y la ganancia de masa en comparación con el grupo control. Una de las muestras presentó el mejor desempeño técnico, registrando una absorción promedio de 0,69 % y una reducción de absorción del 87,63 %. Por su parte, la siguiente muestra obtuvo una absorción promedio de 0,83 % y presentó la mejor relación costo-beneficio debido a su bajo costo de aplicación (3,95 USD/m²). Adicionalmente, las muestras impermeabilizadas no presentaron humedad visible, filtraciones ni deterioro superficial durante el periodo experimental. Se concluye que los impermeabilizantes líquidos evaluados mejoran significativamente la protección de los muros frente a la humedad. La muestra constituyó la alternativa de mejor desempeño técnico, mientras que Cemento Asfáltico representó la opción más conveniente desde el punto de vista económico.

PALABRAS CLAVE: *impermeabilización, absorción de agua, humedad, hormigón, costo-beneficio.*

“COMPARATIVE EVALUATION OF WATERPROOFING METHODS FOR WALL SURFACE IN RESIDENTIAL BUILDINGS”

Autor: Chalen Chalco Charlye Christopher

Tutor: Ing. Rodríguez Suarez Dennis Enrique, Msc.

ABSTRACT

This research aimed to comparatively evaluate the technical and economic efficiency of different waterproofing methods for residential building walls by analyzing the performance of three commercial liquid waterproofing products: acrylic resin, elastomeric membrane, and asphalt cement. The study employed a quantitative approach with an experimental design and a comparative scope. Twelve concrete wall specimens were constructed and distributed into four groups: one untreated control group and three experimental groups treated with the selected waterproofing products. The analyzed variables included water absorption, mass gain, visible moisture, leakage, surface physical condition, and application cost. The collected data were processed using descriptive statistics and presented through comparative tables and graphs.

The results showed that all waterproofing treatments significantly reduced water absorption and mass gain compared to the control group. The elastomeric membrane demonstrated the best technical performance, recording an average water absorption of 0.69% and an absorption reduction of 87.63%. Meanwhile, the acrylic resin achieved an average water absorption of 0.83% and exhibited the best cost-benefit ratio due to its low application cost of USD 3.95/m². Furthermore, the waterproofed specimens showed no visible moisture, leakage, or surface deterioration during the experimental period. It is concluded that the evaluated liquid waterproofing products significantly improve wall protection against moisture penetration. The elastomeric membrane proved to be the most effective technical alternative, while acrylic resin represented the most economically advantageous option.

KEYWORDS: *waterproofing, acrylic resin, elastomeric membrane, asphalt cement, water absorption, residential buildings, cost-benefit analysis.*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La humedad constituye uno de los principales factores de deterioro en las edificaciones residenciales, ya que la filtración de agua en los materiales de construcción provoca alteraciones físicas y químicas que afectan la estabilidad, durabilidad y funcionalidad de las estructuras. La ausencia de sistemas de protección adecuados permite que el agua se introduzca a través de los poros de los materiales cementicios, acelerando los procesos de degradación y aumentando los costos de mantenimiento a largo plazo (Pujaico, 2025).

La impermeabilización comprende un conjunto de técnicas y procedimientos destinados a impedir el ingreso de agua en los elementos constructivos, garantizando la conservación de sus propiedades mecánicas y contribuyendo a la seguridad y confort de los usuarios. Más allá de constituir un acabado superficial, debe entenderse como un sistema de protección que favorece la durabilidad de las edificaciones y el adecuado desempeño de sus componentes estructurales.

Los avances tecnológicos en el sector de la construcción han permitido el desarrollo de diversos métodos y materiales impermeabilizantes, entre los que destacan membranas líquidas, recubrimientos elastoméricos y aditivos hidrófugos. Estas soluciones tienen como finalidad reducir la permeabilidad de los materiales, minimizar la absorción de humedad y proteger las estructuras frente a agentes ambientales que pueden comprometer su vida útil.

La protección contra la humedad debe considerarse desde las etapas iniciales del diseño y construcción de una edificación, especialmente en elementos como cimientos, muros y cubiertas, debido a que estos se encuentran constantemente expuestos a la acción del agua. Una adecuada planificación de los sistemas impermeabilizantes contribuye a prevenir futuras patologías constructivas y reduce la necesidad de intervenciones correctivas.

En Ecuador, los problemas relacionados con la humedad son frecuentes debido a las características climáticas y geográficas presentes en distintas regiones del país. Las precipitaciones, la humedad ambiental y las condiciones del suelo generan escenarios propicios para la aparición de filtraciones, eflorescencias, desprendimiento de revestimientos y crecimiento de microorganismos en las superficies de las viviendas.

Uno de los fenómenos más comunes es la humedad por capilaridad, la cual ocurre cuando el agua presente en el terreno asciende a través de los poros de los materiales constructivos. Este proceso transporta sales minerales que, al cristalizar en la superficie, provocan daños progresivos en pinturas, enlucidos y otros elementos de acabado, además de afectar la resistencia y apariencia de los muros.

La presencia continua de humedad no solo deteriora los materiales de construcción, sino que también puede generar condiciones desfavorables para la salud de los ocupantes. La aparición de moho, hongos y otros agentes biológicos en espacios interiores está estrechamente relacionada con ambientes húmedos, convirtiéndose en un problema tanto constructivo como sanitario.

En la provincia de Santa Elena, las condiciones climáticas caracterizadas por elevados niveles de humedad relativa y la influencia del ambiente marino representan factores que aceleran el deterioro de las edificaciones. En muchas construcciones se emplean soluciones convencionales que no ofrecen una protección suficiente frente a la acción permanente de la humedad y las variaciones térmicas, permitiendo la formación de fisuras y filtraciones que favorecen el ingreso del agua.

Asimismo, la amplia variedad de productos impermeabilizantes disponibles en el mercado nacional hace necesario evaluar su desempeño técnico y económico, considerando aspectos como resistencia, durabilidad, facilidad de aplicación y costos asociados. La selección de una solución adecuada depende de las características específicas de cada elemento constructivo y de las condiciones ambientales a las que estará expuesto.

En este contexto, la presente investigación busca comparar diferentes métodos de impermeabilización aplicables a paredes de viviendas ubicadas en la provincia de Santa Elena, con el propósito de identificar la alternativa que ofrezca mejores resultados en términos de absorción de agua, resistencia a la humedad, durabilidad y costo. Los resultados permitirán establecer criterios técnicos que faciliten la toma de decisiones en futuros proyectos constructivos.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el ámbito de la ingeniería civil, la humedad es considerada uno de los principales agentes que afectan la durabilidad y el desempeño de las estructuras. La presencia constante de agua en los elementos constructivos provoca deterioro progresivo en materiales como hormigón, mampostería y acabados, además de favorecer procesos de corrosión en los componentes metálicos. Como consecuencia, las edificaciones reducen su vida útil y requieren intervenciones de mantenimiento que generan elevados costos económicos.

Aunque actualmente existe una gran variedad de sistemas y productos impermeabilizantes, en muchas construcciones su selección se realiza sin un análisis técnico adecuado. Con frecuencia se priorizan criterios económicos inmediatos sobre aspectos relacionados con el comportamiento del material frente a las condiciones ambientales y características del sustrato, lo que limita la efectividad de las soluciones aplicadas y favorece la aparición temprana de patologías asociadas a la humedad (Montaño & Lara, 2025).

En Ecuador, las condiciones climáticas presentan un importante desafío para la conservación de las edificaciones, especialmente en las zonas de mayor humedad ambiental y precipitación. Las viviendas están continuamente expuestas a fenómenos que favorecen la infiltración de agua y el ascenso de humedad desde el terreno, ocasionando daños en revestimientos, pinturas y elementos estructurales. Esta situación afecta la calidad constructiva de muchas edificaciones y reduce las condiciones de habitabilidad para sus ocupantes.

La problemática adquiere una mayor relevancia en la provincia de Santa Elena debido a la influencia del ambiente marino y a las características de los suelos presentes en la zona. La combinación de humedad, salinidad y exposición constante a agentes atmosféricos agresivos acelera los procesos de degradación de los materiales de construcción. En distintos sectores de la provincia es común observar manifestaciones como eflorescencias, desprendimiento de acabados, manchas de humedad y deterioro prematuro de paredes y pisos.

Además, la falta de estudios comparativos que permitan identificar la alternativa de impermeabilización más eficiente para las condiciones locales dificulta la toma de decisiones técnicas durante la construcción de viviendas. Si bien existen diversas opciones disponibles en

el mercado, no se dispone de suficiente información que compare su desempeño en términos de absorción de agua, resistencia a la humedad, durabilidad y costo.

Por lo expuesto, surge la necesidad de realizar una evaluación técnica y económica de diferentes métodos de impermeabilización aplicados en paredes de viviendas de la provincia de Santa Elena. Los resultados permitirán determinar cuál de las alternativas ofrece mejores beneficios para las condiciones ambientales de la zona, contribuyendo a la reducción de daños causados por la humedad y a la construcción de edificaciones más seguras, duraderas y eficientes (Gutiérrez et al., 2024).

Una vez analizadas las deficiencias en los procesos de protección contra la humedad en las viviendas de la provincia de Santa Elena, surge la necesidad de plantear la siguiente interrogante:

¿Cuál es el método de impermeabilización de paredes que presenta el mejor desempeño técnico y la mayor viabilidad económica para mitigar las patologías por humedad en las edificaciones de la provincia de Santa Elena?

1.2. HIPÓTESIS

Si se evalúan comparativamente diferentes métodos de impermeabilización aplicados en superficies de paredes en edificaciones residenciales, entonces será posible identificar cuál de ellos ofrece una mayor eficiencia en términos de reducción de la absorción de agua, control de humedad superficial y relación desempeño-costos inicial, permitiendo recomendar una alternativa adecuada para mejorar la protección de muros expuestos a humedad.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA:

- HE.1.: Los métodos de impermeabilización que combinan componentes químicos especializados (como resinas o polímeros) presentan una mayor resistencia al paso de la humedad en paredes, en comparación con técnicas artesanales o tradicionales de bajo costo.

- HE.2.: El método de impermeabilización con mejor rendimiento técnico no siempre representa el de mayor costo económico, por lo que es posible identificar una alternativa que combine efectividad con viabilidad económica para ser implementada en viviendas de interés social.
- HE.3.: La correcta aplicación de un sistema de impermeabilización en muros verticales puede disminuir significativamente los problemas de filtración, moho y deterioro en viviendas expuestas a condiciones de humedad, en comparación con muros sin tratamiento impermeabilizante.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar comparativamente los diferentes métodos de impermeabilización aplicados en superficies de paredes en edificaciones residenciales, con el fin de determinar su efectividad técnica, eficiencia económica y aplicabilidad práctica, para proponer soluciones constructivas que mejoren el desempeño frente a la humedad y la protección superficial de los muros.

1.3.2. Objetivos Específicos

- O.E.1.: Identificar los principales métodos y materiales de impermeabilización utilizados en superficies de paredes en edificaciones residenciales, considerando sus características técnicas, composición, mecanismos de acción y condiciones de uso.
- O.E.2.: Comparar el desempeño de los distintos sistemas impermeabilizantes mediante indicadores de absorción de agua, ganancia de masa, presencia de humedad visible y costos de aplicación, con el fin de identificar diferencias en su comportamiento frente a la exposición superficial al agua.
- O.E.3.: Determinar cuál de los sistemas evaluados presenta el mejor comportamiento técnico bajo las condiciones del ensayo y analizar preliminarmente su relación entre desempeño y costo de aplicación.

1.4. ALCANCE

El presente estudio se enfoca en la evaluación comparativa de distintos métodos de impermeabilización aplicados específicamente en superficies de paredes de edificaciones residenciales. Su campo de aplicación se circunscribe al sector de la construcción, particularmente en viviendas unifamiliares y multifamiliares de uno a tres pisos, construidas con sistemas tradicionales como mampostería de bloque, ladrillo o similares, que son comunes en zonas urbanas y rurales del país.

Esta investigación tiene un enfoque técnico y práctico, orientado a la identificación de soluciones efectivas para mitigar los problemas de humedad en paredes verticales, considerando criterios de eficiencia impermeabilizante, facilidad de aplicación y relación costo-beneficio. Los resultados de esta investigación podrán ser aplicados satisfactoriamente en nuevos proyectos de construcción y en procesos de rehabilitación de viviendas existentes que presenten patologías relacionadas con la humedad.

Asimismo, serán de utilidad para profesionales del sector de la construcción (arquitectos, ingenieros civiles, maestros de obra), empresas constructoras, y también para constructores que deseen aplicar técnicas apropiadas y económicas para prevenir daños por filtración de agua. El estudio se desarrolló mediante ensayos experimentales realizados sobre muros de prueba contruidos con materiales representativos, a los cuales se les aplicó distintos métodos de impermeabilización.

Se observaron y evaluaron variables relacionadas con la absorción de agua, ganancia de masa, presencia de humedad visible y comportamiento superficial de los muretes durante el periodo experimental.

Dentro de las exclusiones del estudio se encuentran los métodos de impermeabilización aplicables a cimentaciones, cubiertas, techos o pisos, así como aquellos empleados en estructuras industriales, comerciales o de infraestructura pública.

Tampoco se abordaron sistemas de impermeabilización de alta tecnología con costos elevados no viables para edificaciones de interés social. Las condiciones climáticas extremas y los

factores geológicos específicos, como suelos expansivos o sísmicos, también quedan fuera del alcance, centrándose el análisis en condiciones promedio de exposición a humedad por lluvia, condensación y filtración superficial.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable dependiente

Mitigación de patologías por humedad en paredes

La mitigación de patologías por humedad en paredes se evaluará mediante los siguientes aspectos:

Resistencia a la absorción de agua: determina la capacidad del material para reducir el porcentaje de agua absorbida cuando es expuesto a condiciones de humedad.

Ganancia de masa: evalúa la cantidad de agua retenida por los muretes después de la exposición al agua, mediante la diferencia entre el peso inicial y el peso final de cada espécimen.

Comportamiento frente a la humedad: analiza la presencia o ausencia de humedad visible y filtraciones en las superficies tratadas.

Estado físico de la superficie: analiza las alteraciones ocasionadas por la humedad, tales como eflorescencias, desprendimientos de revestimiento, manchas superficiales y otras afectaciones visibles.

Relación costo-beneficio: establece la relación entre la reducción de la absorción de agua alcanzada y el costo de aplicación de cada impermeabilizante.

1.5.2. Variable independiente

Tipos de impermeabilizantes líquidos (Resina acrílica, membrana elastomérica y Cemento Asfáltico)

Los tipos de impermeabilizantes líquidos empleados en la investigación se analizarán considerando los siguientes aspectos:

Propiedades técnicas: incluyen el tiempo de secado, el rendimiento por metro cuadrado, la adherencia al sustrato y la capacidad de recubrimiento.

Proceso constructivo: comprende la facilidad de aplicación, el número de capas requeridas y la mano de obra necesaria para la ejecución del sistema impermeabilizante.

Viabilidad económica: considera el costo por metro cuadrado de aplicación y la rentabilidad de cada alternativa evaluada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El presente trabajo de titulación se fundamenta en investigaciones previas relacionadas con la evaluación de sistemas de impermeabilización, las cuales han permitido identificar los beneficios técnicos y económicos de diversos materiales utilizados para la protección de estructuras frente a la humedad. Estos estudios aportan criterios metodológicos y resultados experimentales que sirven de referencia para el análisis comparativo desarrollado en la presente investigación.

En el ámbito regional, Ramos Manrique et al. (2014), en su investigación titulada "*Procedimiento para la evaluación de sistemas de impermeabilización de cubiertas*" manifiestan que la impermeabilización es, para todo tipo de edificio, un freno al envejecimiento y la corrosión del acero de la estructura, por lo que es un medio protector contra la lluvia, la penetración del agua y la tan molesta "filtración". Con la aparición de nuevos materiales de construcción, fueron desechados desafortunadamente otros sistemas empleados hasta el momento –que aún hoy presentan características favorables–, sin tener en cuenta determinados factores básicos para la toma de decisiones, a la hora de sustituir o emplear, un sistema u otro. Apoyándose en métodos como la entrevista, análisis documental y la observación, se logra un procedimiento de evaluación de sistemas de impermeabilización, que permite evaluar y comparar mediante herramientas ingenieras, las ventajas y desventajas de estos, analizándolos en cuanto a durabilidad, economía, mantenimientos y confort, teniendo en cuenta los actuales cambios climáticos y cumpliendo con las exigencias de explotación en las cubiertas de las edificaciones existentes.

Gutierrez (2024), en su investigación, titulada "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido", centra su atención en mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco durante el año 2023. El estudio comienza identificando y delimitando el problema en cuestión, haciendo hincapié en la relevancia de la impermeabilización adecuada de estructuras hidráulicas en contextos de tratamiento de aguas residuales. Se discuten en profundidad, comparando con los antecedentes y la literatura existente, validando o refutando las hipótesis

planteadas. Finalmente, el estudio concluye con recomendaciones basadas en los hallazgos, destinadas a impulsar prácticas óptimas en la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en contextos similares. Todo el proyecto está respaldado por una lista exhaustiva de referencias bibliográficas, asegurando la rigurosidad académica, y se complementa con anexos que proporcionan información adicional relevante.

En trabajos experimentales relacionados con la impermeabilización de superficies se evaluaron materiales como emulsiones asfálticas, resinas acrílicas y resinas termoplásticas. Para determinar su eficacia se analizaron parámetros como la estanqueidad y la absorción por inmersión y capilaridad, complementando el estudio mediante técnicas termográficas y ensayos de envejecimiento acelerado. Los resultados demostraron una reducción significativa de la absorción de humedad en comparación con superficies no tratadas, aunque también se identificó una disminución gradual del rendimiento de los sistemas impermeabilizantes conforme avanzó el proceso de envejecimiento.

"Aunque estos antecedentes evalúan sistemas distintos a los empleados en esta investigación, aportan criterios metodológicos relacionados con la evaluación de absorción de agua, desempeño impermeabilizante y análisis comparativo, constituyendo una referencia útil para el diseño experimental adoptado."

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Termodinámica y Física de la Humedad en Edificaciones

El problema de la humedad en las edificaciones debe analizarse desde los principios termodinámicos y físicos que regulan el comportamiento del agua en los materiales de construcción. El intercambio de energía y masa entre los elementos de mampostería y el ambiente genera procesos de absorción, transporte y acumulación de humedad, los cuales buscan alcanzar un equilibrio con las condiciones del entorno.

En la provincia de Santa Elena, este equilibrio termodinámico se ve alterado por la alta presión de vapor ambiental, lo que genera un flujo constante de humedad hacia el interior de los materiales porosos. El fenómeno de la humedad en las paredes de Santa Elena se explica

inicialmente por la absorción higroscópica, entendida como la capacidad de los materiales porosos, como el bloque de hormigón, para absorber vapor de agua presente en el ambiente. La vulnerabilidad de las construcciones frente a agentes externos constituye un tema ampliamente estudiado; en el caso de la agresividad característica del ambiente costero, los efectos de la humedad pueden provocar diversos daños en las estructuras, principalmente debido a la corrosión de las armaduras y al deterioro progresivo de los materiales constructivos (Uzqueda, 2020).

2.2.2. Fenómenos de transporte de agua

La presencia de humedad en los elementos constructivos constituye uno de los principales factores que afectan la durabilidad y el desempeño de las edificaciones. El transporte de agua a través de paredes y superficies porosas puede generar diversas patologías, como manchas, eflorescencias, desprendimientos de revestimientos y deterioro progresivo de los materiales. Por ello, comprender los mecanismos mediante los cuales el agua se desplaza en los sistemas constructivos resulta fundamental para seleccionar soluciones de impermeabilización adecuadas y garantizar la vida útil de las estructuras.

La definición de las diferentes propiedades físicas que regulan la construcción adquiere una relevancia fundamental a la hora de alcanzar los criterios prestacionales de las construcciones de consumo energético casi nulo de hoy en día (Iñaki del Prim, 2024).

El desplazamiento del agua en las paredes residenciales de Santa Elena se produce mediante tres mecanismos físicos diferenciados, los cuales dependen de la porosidad del material y de las condiciones de presión ambiental. El primero es la difusión de vapor, proceso en el que el vapor de agua se mueve desde zonas de mayor concentración hacia zonas de menor concentración.

El segundo mecanismo es el flujo capilar, que ocurre cuando el agua líquida asciende o se desplaza a través de los poros finos de los materiales debido a fuerzas de tensión superficial. Finalmente, la permeabilidad bajo presión hidrostática se presenta cuando el agua ejerce presión sobre la superficie del material, favoreciendo su penetración a través de fisuras, grietas o poros conectados, lo que incrementa el riesgo de humedad en las edificaciones.

De esta manera, el análisis de estos fenómenos permite comprender el comportamiento de los materiales frente a la acción del agua y constituye una base fundamental para la evaluación de los impermeabilizantes utilizados en la presente investigación.

2.2.2.1. Difusión de vapor

La difusión de vapor es el proceso físico mediante el cual las moléculas de agua en estado gaseoso atraviesan los poros de los materiales de construcción debido a diferencias de presión de vapor entre dos ambientes. En zonas cálidas y húmedas como la provincia de Santa Elena, La dirección del flujo de vapor depende de las condiciones higrotérmicas interiores y exteriores, lo que favorece el ingreso constante de humedad hacia los elementos constructivo. Cuando este vapor no puede ser evacuado adecuadamente, tiende a acumularse dentro del material, incrementando su contenido de humedad y afectando sus propiedades físicas.

Este fenómeno es posible debido al tamaño extremadamente reducido de las moléculas de vapor de agua, las cuales pueden desplazarse a través de poros microscópicos presentes en los materiales. Por esta razón, ciertos materiales pueden impedir el paso del agua líquida y, sin embargo, permitir la difusión del vapor. La capacidad de un material para oponerse a este proceso se expresa mediante el factor de resistencia a la difusión (μ), parámetro que permite evaluar el comportamiento de los materiales frente al tránsito de vapor de agua.

La Figura 1 representa el proceso de difusión de vapor a través de un cerramiento. En ella se observa que la humedad puede desplazarse por difusión debido a las diferencias de presión de vapor, aunque también puede ingresar por filtraciones de aire a través de pequeñas aberturas o discontinuidades constructivas. Este comportamiento evidencia la importancia de controlar tanto la permeabilidad de los materiales como la hermeticidad de la envolvente.

La acumulación de humedad por difusión de vapor no solo afecta la resistencia mecánica de los materiales, sino que también puede favorecer la aparición de hongos y microorganismos que deterioran la calidad del aire interior. Además, el exceso de humedad reduce la capacidad aislante de los cerramientos, incrementando el consumo energético en climatización. Por ello, resulta fundamental seleccionar materiales con un adecuado factor de resistencia a la difusión y garantizar un diseño constructivo que minimice las vías de ingreso del vapor.

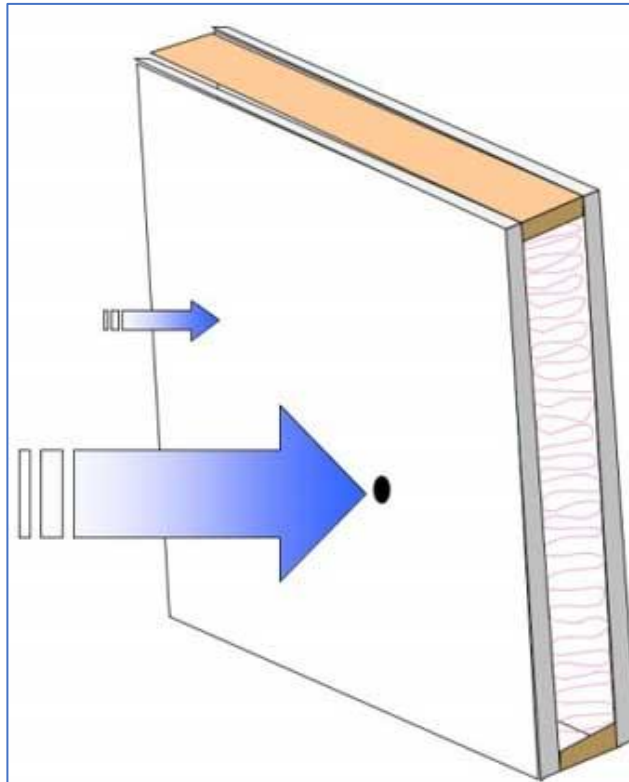


Figura 1. Difusión de vapor

2.2.2.2. Flujo capilar o humedad ascendente

La humedad por capilaridad es una de las patologías más frecuentes en las edificaciones y se origina por la presencia de agua en el terreno donde se encuentra asentada la construcción. Este fenómeno se produce cuando los materiales de la cimentación y los muros absorben el agua del subsuelo a través de sus poros, permitiendo que esta ascienda progresivamente hacia niveles superiores. La ausencia de barreras impermeables o la deficiencia de los sistemas de protección favorecen el avance de la humedad, provocando daños tanto en los revestimientos como en los elementos constructivos de la edificación.

El agua que asciende por capilaridad transporta sales minerales y otros compuestos presentes en el suelo, los cuales se depositan en la superficie de los muros durante el proceso de evaporación (Figura 2), el recorrido ascendente de la humedad genera un deterioro gradual de los acabados, manifestándose mediante desprendimiento de zócalos y rodapiés, descamación y abombamiento de la pintura, aparición de manchas, eflorescencias y acumulación de sales en la superficie. Estas afecciones no solo perjudican la apariencia estética de la construcción, sino

que también comprometen la durabilidad de los materiales y aumentan las necesidades de mantenimiento.

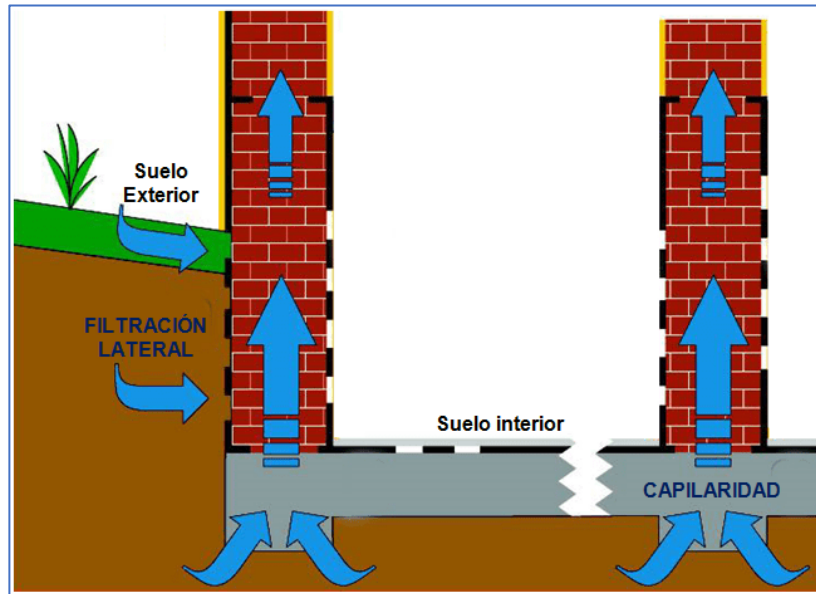


Figura 2. Humedad por capilaridad

Por su parte, Mossen (2025), indica que la humedad por capilaridad ascendente se produce en cimentaciones enterradas o en muros a ras de suelo, la humedad existente en el terreno asciende por los poros de los muros hasta cierta altura, el nivel de esta humedad por capilaridad depende de la absorción del material, la evaporación y las condiciones ambientales . Cuando esta humedad se evapora, aparecen las antiestéticas eflorescencias (Figura 3).

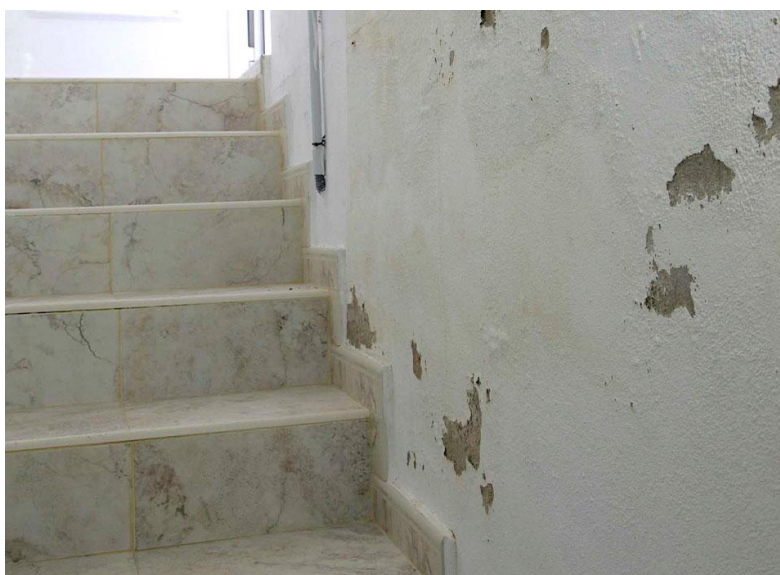


Figura 3. Eflorescencias por Humedad por capilaridad

La capilaridad depende, entre otros factores, del tamaño de los poros y de la humedad disponible. Si el tamaño de los poros en un material es grande, como en la grava limpia y la arena gruesa, no habrá capilaridad; si el tamaño de los poros es pequeño, como en el hormigón, la arcilla limosa y el papel, la capilaridad es posible (Lstiburek, 2021).

2.2.2.3. Permeabilidad bajo presión hidrostática

La acumulación de agua en el perímetro de la edificación ejerce una presión horizontal sobre los muros, proporcional al calado de la inundación (Figura 4). Este tipo de presión puede levantar los suelos o la cimentación cuando el agua se acumula de un lado del edificio. En casos en que el agua ingresa al edificio, esta presión se neutraliza, pero introduce una carga gravitatoria que afecta elementos horizontales como forjados y soleras, lo que puede conducir al colapso de la estructura (Yepes, 2024).

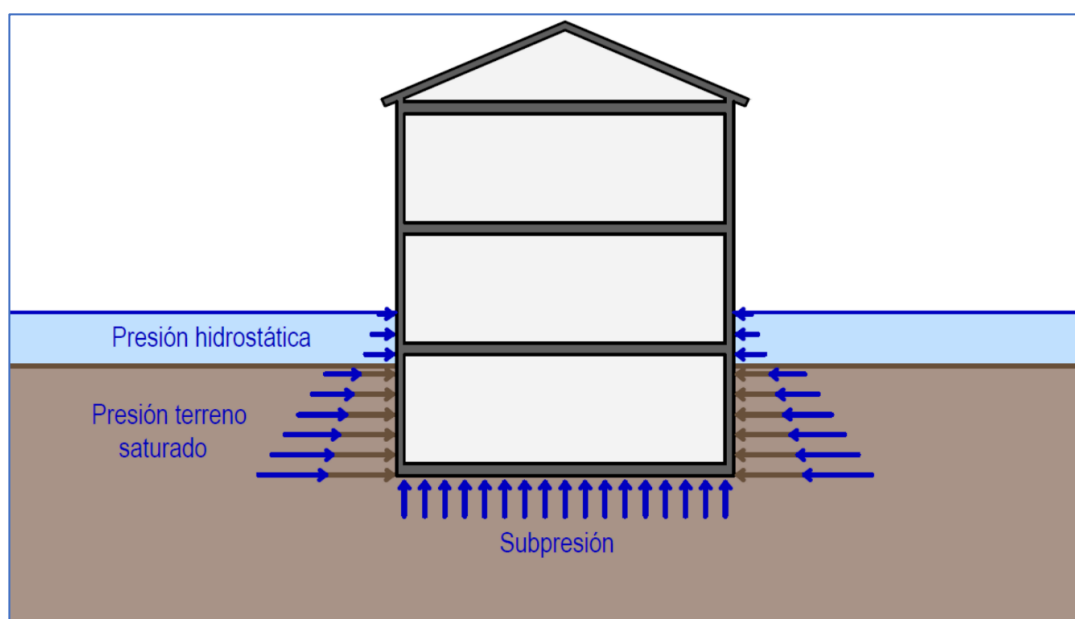


Figura 4. Presión hidrostática

La presión hidrostática describe la presión hacia afuera y hacia abajo causada por el agua retenida que empuja contra cualquier objeto o superficie que la bloquea; en este caso, las paredes de los bajos soterrados o sótanos (Figura 4). La fuerza de la gravedad del agua estancada es implacable; lo que hace que el agua empuje y empuje con fuerza contra cualquier cosa que restrinja su flujo (Ayala, 2021).

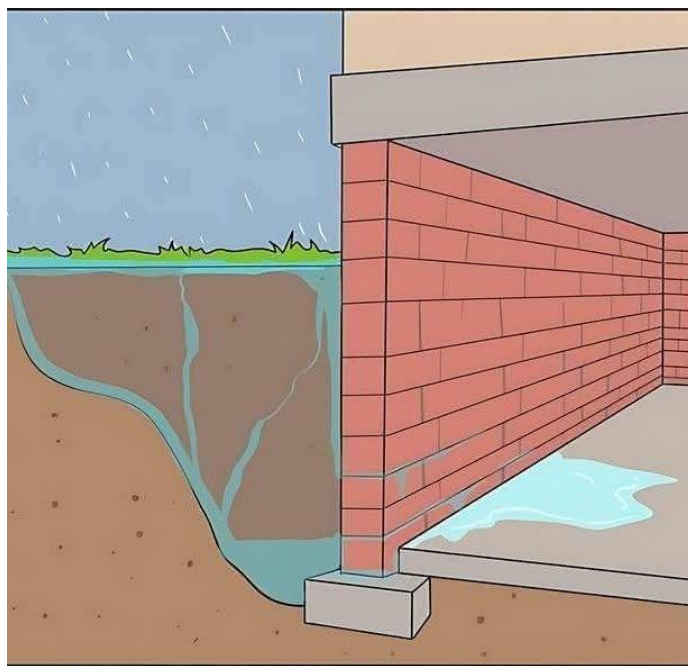


Figura 5. Permeabilidad bajo presión hidrostática

Los eventos de inundación pueden comprometer significativamente la estabilidad y el funcionamiento de las estructuras. El nivel de afectación está condicionado por diversos factores, entre ellos la profundidad del agua, la presencia de sales, las condiciones de humedad del terreno y las propiedades de los materiales constructivos. Asimismo, la calidad de la ejecución de la obra influye directamente en la capacidad de la edificación para resistir este tipo de fenómenos. Ante estas situaciones, es indispensable realizar evaluaciones técnicas que permitan diagnosticar los daños existentes y definir acciones correctivas adecuadas. Los resultados de estas evaluaciones constituyen una herramienta esencial para respaldar la toma de decisiones por parte de propietarios, técnicos especializados y equipos de gestión de emergencias.

2.2.3. Porosidad y absorción de materiales cementicios

La porosidad es una propiedad física fundamental de los materiales cementicios, ya que influye directamente en su comportamiento mecánico y en su durabilidad. En materiales como el concreto, la estructura interna está conformada por una matriz de cemento hidratado y agregados pétreos, cuyos espacios vacíos o poros determinan la capacidad del material para permitir el paso de agua, aire y otros agentes externos. La cantidad de poros presentes, así como

la forma en que estos se conectan entre sí, condicionan características importantes como la permeabilidad y la resistencia al deterioro.

Además de la cantidad de poros, la distribución y el tamaño de estos desempeñan un papel relevante en la respuesta del material frente a diferentes condiciones ambientales. Una estructura con poros altamente conectados favorece el ingreso y desplazamiento de líquidos, mientras que una red de poros aislados limita significativamente la absorción de humedad.

Los concretos, morteros y demás materiales a base de cemento poseen poros superficiales y capilares que pueden ser ocupados por agua cuando el material entra en contacto con ambientes húmedos. Como se observa en la Figura 6, cuando los poros están interconectados se facilita la absorción y el transporte de líquidos al interior de la estructura, mientras que los poros cerrados o aislados reducen considerablemente este proceso.

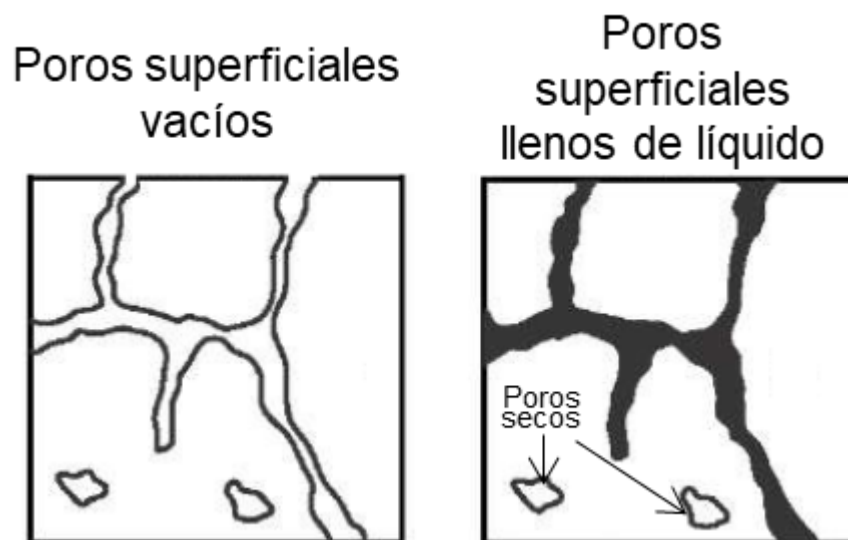


Figura 6. Porosidad en materiales cementicios

La estructura porosa también influye en los fenómenos de transporte de humedad, en la degradación de los materiales y en su comportamiento frente a agentes ambientales agresivos. Factores como la porosidad total, la porosidad efectiva, la conectividad de los poros y la distribución de tamaños determinan la velocidad con la que el agua puede penetrar en el material y afectar su integridad.

El comportamiento de los materiales cementicios frente a procesos de congelación, deshielo, ciclos de humedad y variaciones térmicas está estrechamente relacionado con su microestructura interna. Por esta razón, el análisis de la composición de la mezcla, las características de los agregados y la estructura de poros resulta indispensable para comprender el desempeño y la durabilidad de los elementos constructivos.

La selección adecuada de los agregados y el diseño de mezclas equilibradas permiten reducir la porosidad capilar y mejorar la resistencia mecánica del hormigón, contribuyendo a prolongar la vida útil de las estructuras. En este sentido, el tamaño, distribución y calidad de los agregados constituyen variables relevantes para optimizar el comportamiento de los materiales frente al ingreso de humedad y otros mecanismos de deterioro.

Los aspectos relacionados con la porosidad, absorción y durabilidad de los materiales cementicios han sido ampliamente estudiados por diversos autores, quienes coinciden en la importancia de la microestructura y la conectividad de poros en el desempeño de estos materiales (Ramli et al., 2013; Ortiz-Marqués et al., 2025).

2.2.4. Impermeabilización en la construcción

La impermeabilización constituye uno de los procedimientos más importantes en el ámbito de la construcción, debido a que tiene como finalidad evitar la penetración de agua y humedad en los diferentes elementos que conforman una edificación. Su aplicación contribuye a proteger cubiertas, muros, cimentaciones, terrazas y otras superficies expuestas a la acción del agua, reduciendo el riesgo de deterioro prematuro de los materiales.

Para alcanzar niveles adecuados de protección, existen diversos sistemas y productos impermeabilizantes que pueden utilizarse de forma individual o combinada, dependiendo de las condiciones de exposición y de los requerimientos específicos de cada proyecto. Entre las alternativas más utilizadas se encuentran las membranas asfálticas, recubrimientos elastoméricos, pinturas impermeabilizantes y otros materiales diseñados para formar barreras resistentes al paso del agua.

La aplicación de impermeabilizantes forma una capa protectora sobre las superficies constructivas (Figura 7), limitando la infiltración de humedad y evitando daños asociados a la presencia constante de agua. Esto permite preservar las propiedades físicas de los materiales y reducir las intervenciones de mantenimiento correctivo.

La implementación de soluciones impermeabilizantes adecuadas también repercute en la durabilidad y sostenibilidad de las construcciones, ya que disminuye el deterioro de los materiales y prolonga la vida útil de la infraestructura. Por esta razón, la impermeabilización es considerada una medida preventiva esencial para garantizar la seguridad, el confort y la protección integral de las edificaciones frente a los efectos de la humedad.

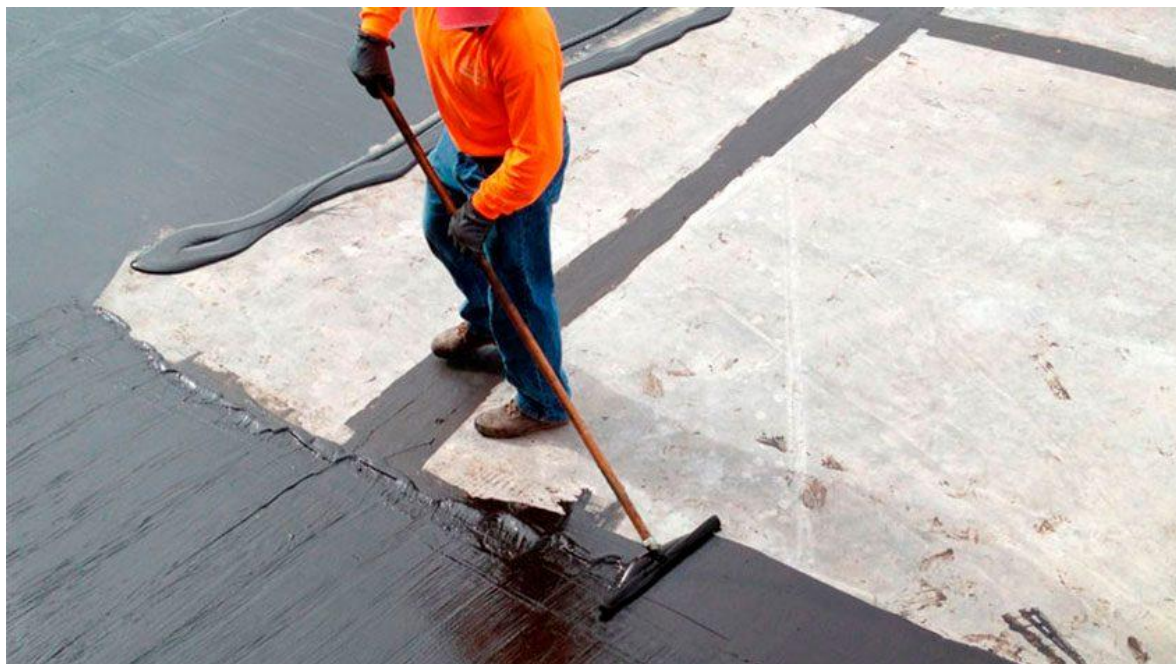


Figura 7. Impermeabilización en la construcción

La importancia de la impermeabilización en la protección de las estructuras y en la prevención de daños asociados a la humedad ha sido ampliamente documentada en la literatura especializada sobre tecnología de la construcción (Lezcano, 2023; Calabuig, 2022).

2.2.5. Sistemas de impermeabilizantes

La impermeabilización constituye un componente fundamental en la protección de las edificaciones frente a la acción del agua y la humedad, contribuyendo a preservar las condiciones de servicio, durabilidad y funcionalidad de los elementos constructivos.

La elección correcta de los materiales, la ejecución cuidadosa del aislamiento vertical y horizontal y el conocimiento de los distintos tipos de protección permiten evitar reparaciones costosas, proteger los cimientos, evitar la penetración de humedad (y los efectos nocivos del agua) y, en consecuencia, garantizar la tranquilidad durante años (PPC, 2025).

El agua puede ser tanto una ayuda como un problema en la construcción, y es por eso que la impermeabilización es un elemento crucial en la protección de las estructuras contra la entrada no deseada de agua.

La exposición prolongada al agua puede debilitar la integridad estructural de los edificios (Figura 8), especialmente si las superficies están mal impermeabilizadas. Los principales problemas que pueden ocurrir debido a la presencia de agua en las estructuras son:

- Pérdida de fuerza y durabilidad de la estructura debido a la humedad y el daño causado por la corrosión.
- Fugas de agua, que pueden causar daños en las paredes y techos.
- Daño a la apariencia de la estructura, incluyendo el crecimiento de moho y hongos en las paredes, que no solo son antiestéticos, sino también un peligro para la salud.

Otros problemas asociados a la acción del agua en las edificaciones son:

Corrosión de armaduras de acero: La penetración de humedad favorece la oxidación del acero de refuerzo presente en los elementos de hormigón armado, reduciendo su capacidad resistente y comprometiendo la durabilidad estructural.

Aparición de eflorescencias: El agua transporta sales solubles hacia la superficie de los materiales, donde cristalizan al evaporarse, generando manchas blanquecinas que afectan la apariencia de muros y revestimientos.

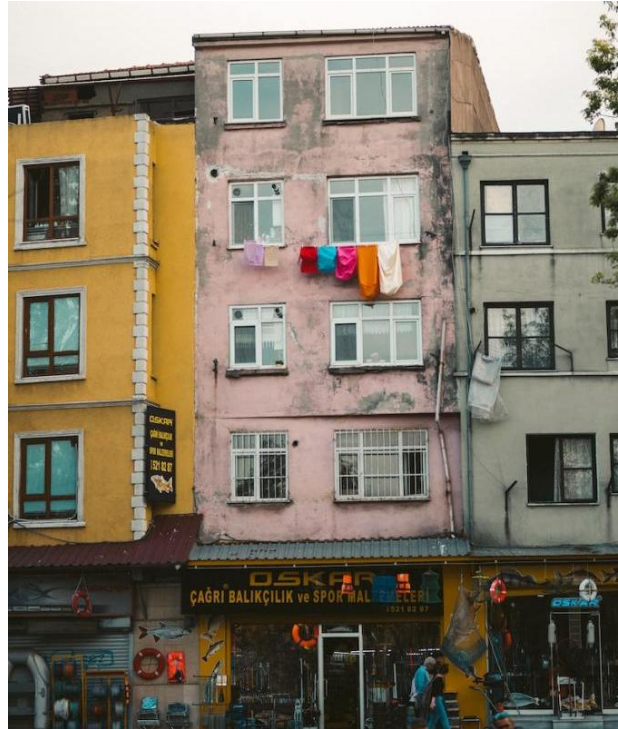


Figura 8. Impermeabilización deficiente en edificaciones

Existen diferentes tipos de sistemas de impermeabilización en el mercado, entre estas tenemos:

- Membranas líquidas
- Membranas asfálticas
- Membranas sintéticas

2.2.5.1. Membranas líquidas

Las membranas líquidas o los Sistemas de Impermeabilización Líquida (SIL) son revestimientos que se aplican en forma líquida y se solidifican formando una capa impermeable. Suelen estar compuestas de poliuretano, acrílico o bituminoso. Entre sus ventajas se incluyen su fácil aplicación, su buena adherencia a diferentes superficies y su alta resistencia a la intemperie y a productos químicos (Calabuig, 2022).

La impermeabilización líquida incluye pinturas impermeabilizantes es un método sencillo y versátil para proteger superficies contra la infiltración de agua (Figura 9). Estas pinturas contienen aditivos especiales que les confieren propiedades impermeables, formando una capa protectora sobre la superficie aplicada. Las pinturas impermeabilizantes se pueden utilizar en diferentes tipos de superficies, como techos, paredes, pisos, entre otros. Se aplican con brocha, rodillo o pistola de pintura, y se secan formando una barrera resistente al agua (Lezcano, 2023).

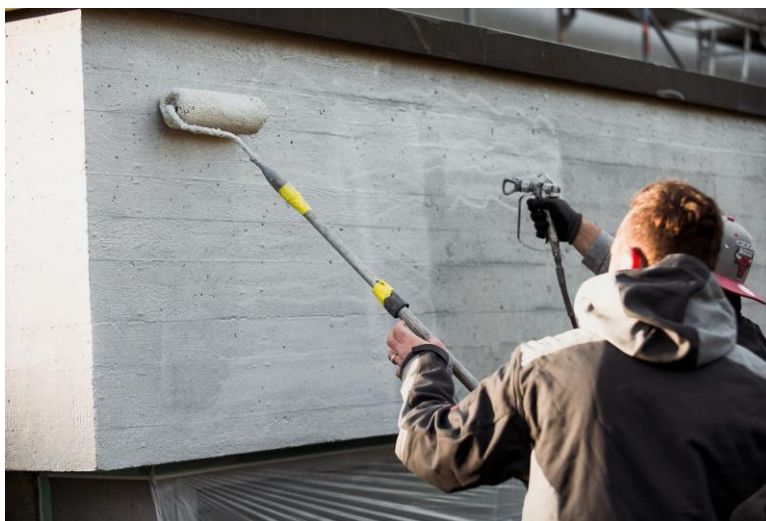


Figura 9. Impermeabilización líquida

Este tipo de impermeabilizante es de los más completos y versátiles del mercado. Se trata de una membrana líquida que ofrece gran elasticidad a la rotura. Su aplicación es posible en cualquier tipo de soporte o superficie. Es transitable, por lo que es el producto ideal para aplicar en terrazas, azoteas y cubiertas planas o cubiertas invertidas. Es poco probable que se generen puntos críticos a partir de su aplicación por ser una membrana líquida (Fuensanta, 2022).

Otra ventaja importante de las membranas líquidas es su capacidad para adaptarse a superficies con geometrías irregulares, juntas y puntos de difícil acceso, donde otros sistemas impermeabilizantes suelen presentar limitaciones de aplicación. Gracias a su consistencia fluida, el producto forma una película continua sin uniones ni traslapes, reduciendo la posibilidad de puntos débiles que permitan la infiltración de agua.

Adicionalmente, estos sistemas presentan buena resistencia a la radiación ultravioleta, a los cambios de temperatura y a los movimientos normales de la estructura, características que contribuyen a mantener la continuidad de la barrera impermeable durante su vida útil. Por estas

razones, las membranas líquidas son ampliamente utilizadas en viviendas, edificaciones comerciales e infraestructura donde se requiere una protección eficiente frente a la humedad.

2.2.5.2. Membranas asfálticas

Las membranas asfálticas constituyen uno de los sistemas de impermeabilización más utilizados en el sector de la construcción debido a su capacidad para impedir el paso del agua en superficies horizontales y verticales. Este tipo de solución se emplea comúnmente en cubiertas, terrazas, cimentaciones y otros elementos expuestos a la humedad, formando una barrera continua que protege la estructura frente a filtraciones e infiltraciones.

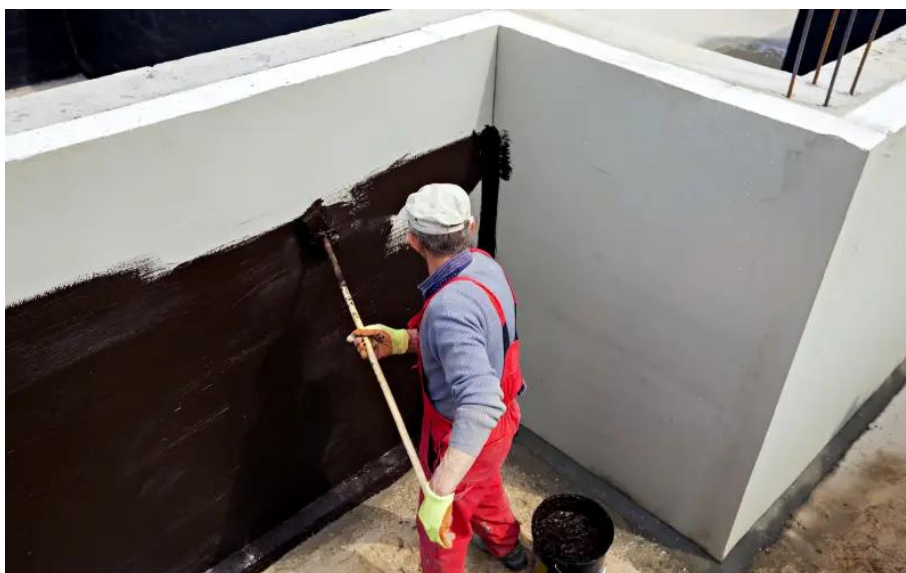


Figura 10. Membrana Asfáltica

La instalación de las membranas asfálticas se realiza mediante la aplicación de calor o mediante sistemas adhesivos que favorecen su adherencia a la superficie (Figura 10). Una correcta colocación resulta fundamental para garantizar la continuidad de la capa impermeable y maximizar su desempeño durante la vida útil de la estructura.

Las membranas están compuestas por asfaltos modificados y materiales de refuerzo que mejoran sus propiedades mecánicas y su resistencia frente a las condiciones ambientales. Gracias a esta composición, presentan una elevada capacidad de impermeabilización, adecuada resistencia a la exposición solar y un comportamiento satisfactorio frente a cambios de temperatura y agentes externos.

Entre sus principales ventajas destacan su durabilidad, facilidad de mantenimiento y capacidad para proteger eficazmente los elementos constructivos contra la acción prolongada del agua. Estas características permiten reducir el deterioro prematuro de las superficies y prolongar la vida útil de la edificación, siempre que se respeten las especificaciones técnicas durante su instalación y mantenimiento.

Las membranas asfálticas son ampliamente reconocidas por su capacidad de protección frente a la humedad y su elevado desempeño en sistemas de impermeabilización para edificaciones por lo que su uso es muy frecuente en edificaciones costeras.

2.2.5.3. Membranas sintéticas

Las membranas sintéticas representan una alternativa moderna para la impermeabilización de estructuras y superficies expuestas al agua. Estos sistemas se fabrican a partir de polímeros de alto desempeño que ofrecen flexibilidad, resistencia y facilidad de adaptación a distintas condiciones constructivas. Entre los materiales más utilizados se encuentran el PVC, TPO, EPDM y otros compuestos diseñados para proporcionar una protección eficaz frente a la humedad.



Figura 11. Membrana sintética

Este tipo de membranas se instala sobre la superficie a proteger formando una barrera continua que dificulta la penetración del agua (Figura 11). Su flexibilidad les permite ajustarse a diferentes geometrías y condiciones de uso, lo que favorece su aplicación en cubiertas, terrazas, reservorios y diversas obras de infraestructura.

Una de las principales características de las membranas sintéticas es su resistencia frente a la radiación ultravioleta, cambios de temperatura y condiciones climáticas adversas. Estas propiedades contribuyen a mantener su estabilidad física a lo largo del tiempo y reducen la necesidad de intervenciones frecuentes de mantenimiento.



Figura 12. Membrana sintética caucho

Dentro de esta categoría destacan los revestimientos elaborados con cauchos sintéticos, especialmente aquellos basados en elastómeros que ofrecen una elevada capacidad de deformación sin perder sus propiedades impermeables (Figura 12).

La resistencia química, la elasticidad y la capacidad de adaptación a diferentes superficies convierten a estas membranas en una solución ampliamente utilizada para la protección de edificaciones frente a la acción del agua y la humedad. Su correcta instalación, junto con el cumplimiento de las recomendaciones técnicas del fabricante, permite obtener un desempeño óptimo y una mayor durabilidad del sistema impermeabilizante

2.3. Normativa ecuatoriana aplicable: NEC-2015 ASTM C36

La presente investigación se fundamenta en el ordenamiento jurídico ecuatoriano, que garantiza el derecho a una vivienda digna y establece las responsabilidades técnicas en el proceso constructivo.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

El Estado tiene que garantizar una vivienda digna para sus ciudadanos, donde la impermeabilización es la base de la construcción y del uso seguro de cualquier inmueble, sin ella, los cimientos, las paredes o los suelos se deterioran rápidamente y los interiores pueden convertirse en un caldo de cultivo para el moho.

En este contexto el Artículo 30 manifiesta:

- Artículo 30: "Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica".

La relación con el presente trabajo es que la impermeabilización es un factor clave para garantizar la salubridad (evitar moho y hongos) y la seguridad estructural del hábitat.

- Artículo 375, numeral 2: Establece que el Estado ejercerá la rectoría para "Garantizar la elaboración y cumplimiento de normas de construcción (...) que aseguren la calidad de las viviendas".

2.3.2. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS)

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo establece los lineamientos que regulan la planificación, diseño, construcción y control de las edificaciones en el Ecuador. Dentro de este marco legal, se determina la responsabilidad de los profesionales y actores involucrados en los procesos constructivos, garantizando que las obras cumplan con las disposiciones técnicas y de seguridad establecidas por la normativa vigente.

Artículo 83 (Responsabilidad de los actores): Determina que los profesionales de la arquitectura e ingeniería son responsables por el cumplimiento de las normas técnicas en el diseño y ejecución de las obras.

2.3.3. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Las Normas NEC son consideradas como el pilar técnico de la ingeniería en el país, tanto para el control de humedad como para el análisis de durabilidad.

Entre el grupo de normas se destacan:

- NEC-SE-HM (Estructuras de Hormigón Armado): En su sección de durabilidad, exige proteger el acero de refuerzo contra la corrosión en ambientes marinos (como Santa Elena).
- NEC-HS-CD (Hábitat y Salud - Control de Humedad): Esta sección específica obliga al diseñador a prever mecanismos que eviten la filtración y capilaridad para proteger la salud de los usuarios.

2.3.4. Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN)

En el aspecto normativo para los materiales, las NTE INEN son las reglas específicas para los materiales que vas a comparar, representan una importancia e incidencia significativa.

- NTE INEN 3066: "Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo". Establece los límites máximos de absorción de agua (punto crítico para tu comparación).
- NTE INEN 2092: "Aditivos para hormigón. Definiciones y requisitos". Regula los hidrófugos de masa que se mezclan en los enlucidos.
- NTE INEN 1544: Referente a pinturas y recubrimientos arquitectónicos, donde se evalúa la resistencia al agua y durabilidad.

2.3.5. Código Civil Ecuatoriano

El código Civil Ecuatoriano en su Artículo 1937 (Responsabilidad decenal) manifiesta: El constructor es responsable por los vicios del suelo o de los materiales que afecten la estabilidad o el uso de la edificación por un periodo de 10 años.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque Metodológico

La investigación se fundamentó en un enfoque cuantitativo, el cual permitió medir de manera objetiva y precisa las variables físicas de los materiales cementicios tras la aplicación de los métodos impermeabilizantes. Según los lineamientos de la ingeniería de materiales, el uso de datos numéricos (como el porcentaje de absorción y la masa de agua filtrada) permitió establecer una comparación estadística válida entre los grupos de estudio.

El enfoque fue explicativo y experimental, ya que no se limitó a describir las patologías de humedad, sino que buscó determinar la relación causa-efecto entre el recubrimiento protector y la reducción de la permeabilidad. Al hacerse en su totalidad en condiciones de laboratorio, El experimento buscó reducir la influencia de variables externas mediante el control de las condiciones de fabricación, acondicionamiento, aplicación y exposición de los especímenes.

Asimismo, se utilizó un método deductivo, partiendo de las leyes generales de la física de fluidos y la capilaridad para llegar a conclusiones específicas sobre cuál de los tres impermeabilizantes líquidos evaluados resultó ser el más eficiente en la reducción de la absorción de agua y mitigación de patologías por humedad.

3.2. Diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental de laboratorio. Este enfoque permitió manipular la variable independiente (tipo de impermeabilizante) para observar su efecto sobre las variables dependientes (porcentaje de absorción y tiempo de filtración) en condiciones controladas. El estudio fue de nivel descriptivo-comparativo, ya que se registraron las propiedades físicas de los materiales y se contrastó la eficiencia técnica de cada método empleado.

La investigación tuvo un alcance comparativo, debido a que se analizaron tres impermeabilizantes líquidos comerciales aplicados sobre muretes de hormigón y se contrastaron sus resultados con una muestra control sin tratamiento impermeabilizante.

3.3. Unidad de Análisis (Muestra Experimental)

La muestra consistió en 12 muretes de hormigón, seleccionando para el grupo experimental tres marcas de fabricación nacional (Tabla 1) con tecnología de membrana líquida acrílica. El uso de productos elaborados en Ecuador garantizó que las propiedades químicas de los impermeabilizantes fueran compatibles con el cemento Portland y los agregados pétreos utilizados localmente en la península.

Producto	Tipo de Impermeabilizante Líquido	Características Técnicas Principales
Resina acrílica (A)	Impermeabilizante acrílico elastomérico	Emulsión líquida que al secar forma una membrana elástica. Muy resistente a rayos UV.
Membrana elastomérica (B)	Recubrimiento impermeabilizante elastomérico	Producto líquido monocomponente. Diseñado específicamente para evitar la penetración de agua de lluvia en bloques de hormigón.
Cemento Asfáltico (C)	Impermeabilizante asfáltico líquido	Membrana líquida de alta viscosidad. Destaca por su capacidad de puenteo de fisuras de hasta 1 mm.

Tabla 1 Membrana líquida acrílica de origen ecuatoriano

La unidad de análisis consistió en 12 muretes de mampostería contruidos con bloques de hormigón de dimensiones 10 × 20 × 40 cm y mortero de pega con una dosificación cemento:arena de 1:4. Cada murete estuvo conformado por dos bloques apilados verticalmente unidos mediante una junta horizontal de mortero de 2 cm de espesor, alcanzando una altura aproximada de 40 cm y una longitud de 38 cm. La muestra experimental fue dividida en cuatro grupos de tres réplicas cada uno, con el propósito de garantizar la repetibilidad de los resultados.

Para la aplicación de los impermeabilizantes, se recubrieron todas las superficies expuestas de los muretes, excepto la cara inferior de apoyo. Durante el ensayo de exposición al agua, dicha cara permaneció aislada y no fue sometida a la acción directa del agua. Asimismo, las caras laterales fueron selladas con el fin de minimizar el ingreso de agua por los bordes y asegurar que la absorción se produjera principalmente a través de la superficie frontal expuesta al ensayo. Estas condiciones permitieron uniformizar el procedimiento y mejorar la comparabilidad entre los tratamientos evaluados.

- Muestra Control: 3 unidades sin ningún tipo de recubrimiento.
- Muestra A: 3 unidades tratadas con Impermeabilizante Líquido Tipo A (Impermeabilizante acrílico elastomérico).
- Muestra B: 3 unidades tratadas con Impermeabilizante Líquido Tipo B (Recubrimiento impermeabilizante elastomérico).
- Muestra C: 3 unidades tratadas con Impermeabilizante Líquido Tipo C (Impermeabilizante asfáltico líquido).

3.4. Materiales e Instrumentos Técnicos

Para el desarrollo de las pruebas se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Balanza Electrónica de Precisión: Balanza electrónica digital CAMRY, con capacidad máxima de 150 kg (330 lb) y resolución de 20 g (0,02 kg).
- Boquilla pulverizadora para simulación de lluvia artificial
- Cronómetro Digital: Para la estandarización del tiempo de exposición (60 minutos continuos).
- Ficha de observación técnica
- Ficha de registro experimental
- Flexómetro

- Cámara fotográfica digital

3.5. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

Para la recopilación de información se utilizó la observación directa y el ensayo experimental de laboratorio. La observación permitió registrar las características de aplicación de cada impermeabilizante y el estado físico de los muretes antes y después de los ensayos. Por su parte, el ensayo experimental permitió cuantificar la absorción de agua, ganancia de masa y comportamiento frente a la exposición prolongada a la humedad. Los instrumentos empleados fueron fichas de observación técnica, fichas de absorción de agua, fichas de inspección visual de filtraciones, fichas de evaluación superficial y matrices de costos.

El ensayo experimental permitió cuantificar el comportamiento de los tratamientos mediante mediciones relacionadas con la absorción de agua, aparición de filtraciones y estado físico de la superficie.

Se aplicaron las siguientes técnicas de ingeniería:

- Método gravimétrico: Determinación de la ganancia de masa de las muestras mediante la diferencia de peso antes y después de la exposición hídrica.
- Ensayo de permeabilidad visual: Inspección de la cara posterior del murete para detectar manchas de humedad o filtración líquida.
- Registro de tiempos de respuesta: Medición del tiempo exacto en que el impermeabilizante permitió el paso de la primera señal de humedad.

3.5.1. Instrumentos

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Ficha de observación técnica del impermeabilizante.
- Guía de observación del proceso constructivo.

- Ficha de registro experimental de absorción de agua.
- Ficha de inspección visual de filtraciones.
- Ficha de inspección del estado físico de la superficie.
- Matriz de costos y análisis económico.

3.6. Operacionalización de variables

Variable independiente

Tipos de impermeabilizantes líquidos:

- Resina acrílica.
- Membrana elastomérica.
- Cemento Asfáltico.

Variable dependiente

Mitigación de patologías por humedad en paredes.

Indicadores medidos:

- Absorción de agua (%).
- Ganancia de masa.
- Humedad visible.
- Presencia de filtraciones.
- Estado físico superficial.
- Costo por m².

3.7. Procedimiento Experimental (Fases desarrolladas)

Fase 1: Preparación y Curado

Para la aplicación de los impermeabilizantes, se recubrieron todas las superficies expuestas de los muretes, con excepción de la cara inferior de apoyo o asentamiento. Durante el ensayo de exposición al agua, esta misma cara permaneció aislada y no fue sometida a la acción directa

del agua. Adicionalmente, las caras laterales fueron selladas con el fin de restringir el ingreso de agua por los bordes y favorecer que la absorción ocurriera principalmente a través de la superficie frontal sometida al ensayo. El procedimiento permitió uniformizar las condiciones de exposición entre todas las unidades experimentales.

En la figura 13 se visualizan los procesos de preparación y curado, aspectos preliminares del análisis. De la misma forma se aplicaron los diferentes productos analizados (Figura 14) para su evaluación.



Figura 13. Preparación y curado

Fase 2: Aplicación de los Productos Ecuatorianos

Los muretes fueron limpiados para eliminar polvo y partículas sueltas presentes en la superficie. Posteriormente, se aplicaron los impermeabilizantes Resina Acrílica, Membrana Elastomérica y Cemento Asfáltico siguiendo las especificaciones técnicas proporcionadas por cada fabricante. La aplicación se realizó mediante dos capas uniformes, respetando los tiempos de secado recomendados entre aplicaciones, finalmente los muretes se dejaron en reposo durante un tiempo de 28 días para asegurar el curado completo de los impermeabilizantes



Figura 14. Aplicación de Productos Ecuatorianos

Fase 3: Ejecución del Ensayo de Exposición

Los muretes fueron sometidos a una simulación de lluvia artificial mediante una boquilla pulverizadora conectada a una fuente de suministro de agua. La pulverización se aplicó de forma continua sobre la cara frontal de cada espécimen, cubriendo la totalidad de la superficie expuesta durante el ensayo. Con el fin de mantener condiciones homogéneas para todos los tratamientos, se utilizó el mismo equipo, la misma posición de aplicación y el mismo tiempo de exposición para cada réplica.

El área expuesta al agua correspondió exclusivamente a la cara frontal del murete, mientras que la cara inferior de apoyo permaneció aislada y no fue sometida a la acción directa del agua. Asimismo, las caras laterales fueron selladas para minimizar el ingreso de agua por los bordes y favorecer que la absorción se produjera principalmente a través de la superficie sometida a la pulverización.

La exposición se mantuvo durante 60 minutos continuos, tiempo establecido como condición experimental uniforme para todos los tratamientos evaluados, permitiendo comparar el comportamiento de los sistemas impermeabilizantes bajo las mismas condiciones de ensayo.

Antes y después de la exposición se registró el peso de cada muestra mediante una balanza electrónica digital, con el propósito de determinar la ganancia de masa y el porcentaje de absorción de agua. Adicionalmente, se realizó una inspección visual para identificar la presencia de humedad visible, filtraciones y alteraciones superficiales en los especímenes.



Figura 15. Ensayo de exposición

Fase 4: Procesamiento y Análisis

Los datos obtenidos fueron organizados en matrices de registro y posteriormente procesados mediante estadística descriptiva. Se calcularon promedios, valores máximos y mínimos, porcentajes de reducción y relaciones costo-beneficio para cada tratamiento. Los resultados fueron representados mediante tablas y gráficos comparativos que permitieron identificar el impermeabilizante con mejor desempeño técnico y económico para su aplicación en edificaciones residenciales.

Código	Peso inicial	Peso final	Ganancia de masa	Absorción (%)
CONTROL				
A1	8,02 kg	8,44 kg	0,42 kg	5,24
A2	14,78 kg	15,70 kg	0,92 kg	6,22
A3	15,52 kg	16,34 kg	0,82 kg	5,28
RESINA ACRÍLICA				
B1	6,94 kg	7,06 kg	0,12 kg	1,73
B2	15,26 kg	15,32 kg	0,06 kg	0,39
B3	15,46 kg	15,64 kg	0,18 kg	1,16
MEMBRANA ELASTOMÉRICA				
C1	6,32 kg	6,40 kg	0,08 kg	1,27
C2	14,70 kg	14,74 kg	0,04 kg	0,27
C3	14,86 kg	14,94 kg	0,08 kg	0,54
CEMENTO ASFALTICO				
T1	6,88 kg	6,96 kg	0,08 kg	1,16
T2	15,84 kg	15,96 kg	0,12 kg	0,76
T3	14,34 kg	14,42 kg	0,08 kg	0,56

Tabla 2 Matriz de resultados de absorción de agua y ganancia de masa de los sistemas impermeabilizantes evaluados

3.8. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos durante los ensayos experimentales fueron registrados en fichas de campo y posteriormente organizados en hojas de cálculo electrónicas para su procesamiento.

Los mismos evidencian que se calcularon estadísticas descriptivas para cada tratamiento, incluyendo:

- Promedio: Representa el valor medio obtenido para cada variable evaluada y permite identificar la tendencia general del comportamiento de cada tratamiento.

- Valor mínimo: Corresponde al menor resultado registrado en las réplicas de un tratamiento, permitiendo identificar el comportamiento más favorable observado durante el ensayo.
- Valor máximo: Corresponde al mayor resultado obtenido durante las mediciones, permitiendo reconocer el nivel más alto alcanzado por la variable evaluada.
- Ganancia media de masa: Expresa la cantidad promedio de agua retenida por los muretes después de la exposición al ensayo, calculada mediante la diferencia entre el peso final y el peso inicial.
- Porcentaje medio de absorción de agua: Indica la proporción promedio de agua absorbida por los muretes respecto a su peso seco inicial y constituye uno de los principales indicadores de eficiencia impermeabilizante.

Los resultados fueron presentados mediante tablas y gráficos comparativos para determinar el comportamiento de cada impermeabilizante frente a la humedad.

Además, se desarrolló un análisis económico considerando el costo por metro cuadrado de aplicación de cada producto, con el propósito de establecer la alternativa con mejor relación costo-beneficio.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la absorción de agua

Con el propósito de evaluar la eficacia de los diferentes impermeabilizantes líquidos en la reducción de la absorción de agua, se realizaron ensayos experimentales sobre muretes sometidos a distintos tratamientos. Los resultados obtenidos permitieron determinar el porcentaje de absorción de agua de cada muestra y comparar su comportamiento frente a una condición sin protección impermeabilizante.

Tratamiento	Réplica 1 (%)	Réplica 2 (%)	Réplica 3 (%)	Promedio (%)
Control	5,24	6,22	5,28	5,58
Resina Acrílica (A)	1,73	0,39	1,16	1,09
Membrana Elastomérica (B)	1,27	0,27	0,54	0,69
Cemento Asfáltico (C)	1,16	0,76	0,56	0,83

Tabla 3 Absorción de agua de los muretes tratados con diferentes impermeabilizantes

El espécimen de control presentó el mayor porcentaje promedio de absorción de agua (5,58 %), mientras que los muretes tratados con impermeabilizantes registraron valores considerablemente menores. Entre los productos analizados, Membrana Elastomérica obtuvo el valor promedio más bajo (0,69 %), seguido por Cemento Asfáltico (0,83 %) y Resina Acrílica (1,09 %). Estos resultados indican que la aplicación de impermeabilizantes contribuye significativamente a reducir la absorción de agua en los elementos constructivos.

El comportamiento observado en las muestras tratadas demuestra que la aplicación de impermeabilizantes líquidos genera una barrera efectiva frente al ingreso de humedad, reduciendo considerablemente la capacidad de absorción de agua de los muros evaluados. Esta diferencia resulta evidente al comparar los valores obtenidos por los tratamientos con los registrados por el grupo control, el cual presentó los mayores porcentajes de absorción debido a la ausencia de una capa protectora superficial.

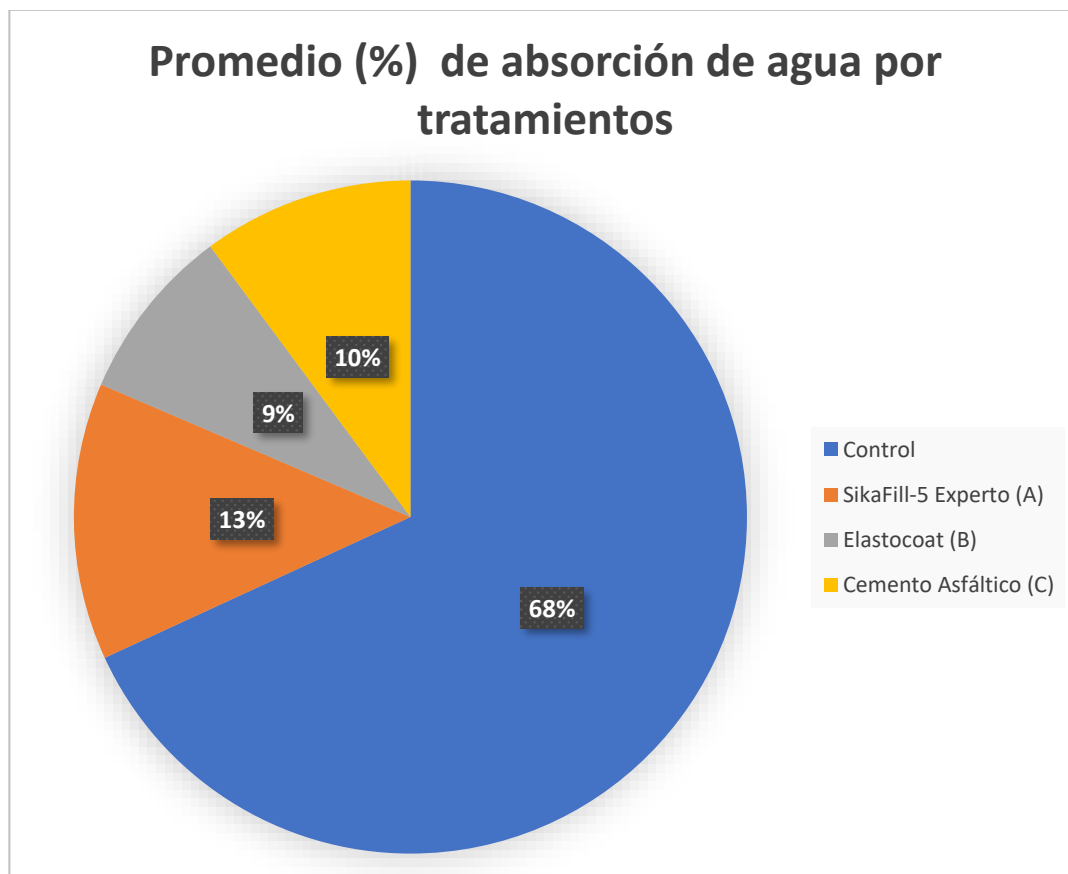


Figura 16. Promedio de absorción de agua de los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes

Los resultados muestran diferencias observadas entre los tratamientos evaluados (Tabla 3 y Figura 16). El grupo control registró el mayor porcentaje promedio de absorción (5,58 %), evidenciando una alta susceptibilidad a la penetración de humedad cuando el muro no cuenta con ningún sistema de protección superficial.

Los tres impermeabilizantes evaluados lograron reducir considerablemente la absorción de agua respecto al grupo control. Entre ellos, Membrana Elastomérica presentó el menor valor promedio (0,69 %), seguido por Cemento Asfáltico (0,83 %) y Resina Acrílica (1,09 %). Estos resultados indican que los recubrimientos impermeabilizantes actúan eficazmente como barreras protectoras, disminuyendo la cantidad de agua absorbida por los muretes durante el ensayo.

La reducción observada demuestra que la aplicación de impermeabilizantes líquidos mejora el desempeño de los muros frente a la humedad. En términos comparativos, Membrana Elastomérica evidenció la mayor eficiencia impermeabilizante, ya que registró la menor absorción promedio entre todos los tratamientos evaluados. Por su parte, Cemento Asfáltico

mostró un comportamiento similar, mientras que Resina Acrílica, aunque efectivo, presentó una absorción ligeramente superior a los otros tratamientos impermeabilizados.

Discusión de resultados de la absorción de agua

Los resultados obtenidos evidencian que los sistemas impermeabilizantes redujeron considerablemente la absorción de agua en comparación con el grupo control bajo las condiciones del ensayo realizado, demostrando que la selección adecuada del producto influye directamente en el desempeño hidráulico de los elementos constructivos. De manera similar, la presente investigación confirmó que la aplicación de recubrimientos impermeabilizantes disminuye la capacidad de absorción de los muretes de hormigón sometidos a exposición directa al agua.

Los resultados respaldan los planteamientos de Calabuig (2022), quien sostiene que la eficiencia de un sistema de impermeabilización depende de su capacidad para formar una barrera continua que impida el paso del agua hacia el interior de los materiales constructivos. En este estudio, todos los tratamientos actuaron como elementos de protección superficial; sin embargo, Membrana Elastomérica y Cemento Asfáltico evidenciaron una mayor capacidad para reducir la absorción de agua.

En relación con la hipótesis planteada, los resultados permiten aceptar la hipótesis específica que establece que los impermeabilizantes químicos especializados presentan una mayor resistencia al paso de la humedad en comparación con superficies sin tratamiento. Los tres productos evaluados mostraron reducciones importantes en la absorción de agua respecto al grupo control, confirmando la influencia positiva de los sistemas impermeabilizantes en la protección de los muros frente a la humedad.

4.2. Ganancia de masa por absorción de agua

La ganancia de masa constituye un indicador complementario para evaluar el desempeño de los impermeabilizantes frente a la penetración de agua. Este parámetro representa la cantidad de agua absorbida por cada murete durante el ensayo, determinada mediante la diferencia entre el peso final y el peso inicial de cada espécimen. Valores menores de ganancia de masa indican una mayor capacidad de protección contra la absorción de humedad.

Tratamiento	Réplica 1 (kg)	Réplica 2 (kg)	Réplica 3 (kg)	Promedio (kg)
Control	0,42	0,92	0,82	0,72
Resina Acrílica	0,12	0,06	0,18	0,12
Membrana Elastomérica	0,08	0,04	0,08	0,07
Cemento Asfáltico	0,08	0,12	0,08	0,09

Tabla 4 Ganancia de masa registrada en los tratamientos evaluados

La ganancia de masa registrada durante el ensayo refleja la cantidad de agua retenida por las probetas tras su exposición a las condiciones establecidas, constituyendo un indicador indirecto de la eficacia de cada sistema para limitar el ingreso de humedad. En términos generales, se observa que los tratamientos impermeabilizantes redujeron significativamente la absorción de agua en comparación con el grupo control, evidenciando su capacidad para actuar como barrera protectora frente a la penetración de humedad.

Aunque todos los productos evaluados mostraron un comportamiento favorable respecto al control, existen diferencias en el nivel de protección alcanzado por cada uno. Estas variaciones pueden atribuirse a las características propias de los materiales impermeabilizantes, tales como su composición, capacidad de adherencia, continuidad de la película protectora y resistencia al paso del agua. Por ello, resulta pertinente analizar de manera específica el desempeño de cada tratamiento a partir de los valores promedio obtenidos.

Los resultados (Tabla 4 y Figura 17) evidencian que los muretes del grupo control registraron la mayor ganancia de masa, con un promedio de 0,72 kg, lo que demuestra una elevada absorción de agua en ausencia de protección impermeabilizante. Este comportamiento confirma que los materiales cementicios sin tratamiento presentan una mayor susceptibilidad al ingreso de humedad debido a la presencia de poros interconectados en su estructura.

Por el contrario, todos los tratamientos impermeabilizados redujeron significativamente la cantidad de agua absorbida. El menor valor promedio fue registrado por Membrana Elastomérica (0,07 kg), seguido de Cemento Asfáltico (0,09 kg) y Resina Acrílica (0,12 kg). Estos resultados coinciden con los obtenidos en el análisis de absorción porcentual, donde los mismos tratamientos mostraron una reducción considerable frente al grupo control.

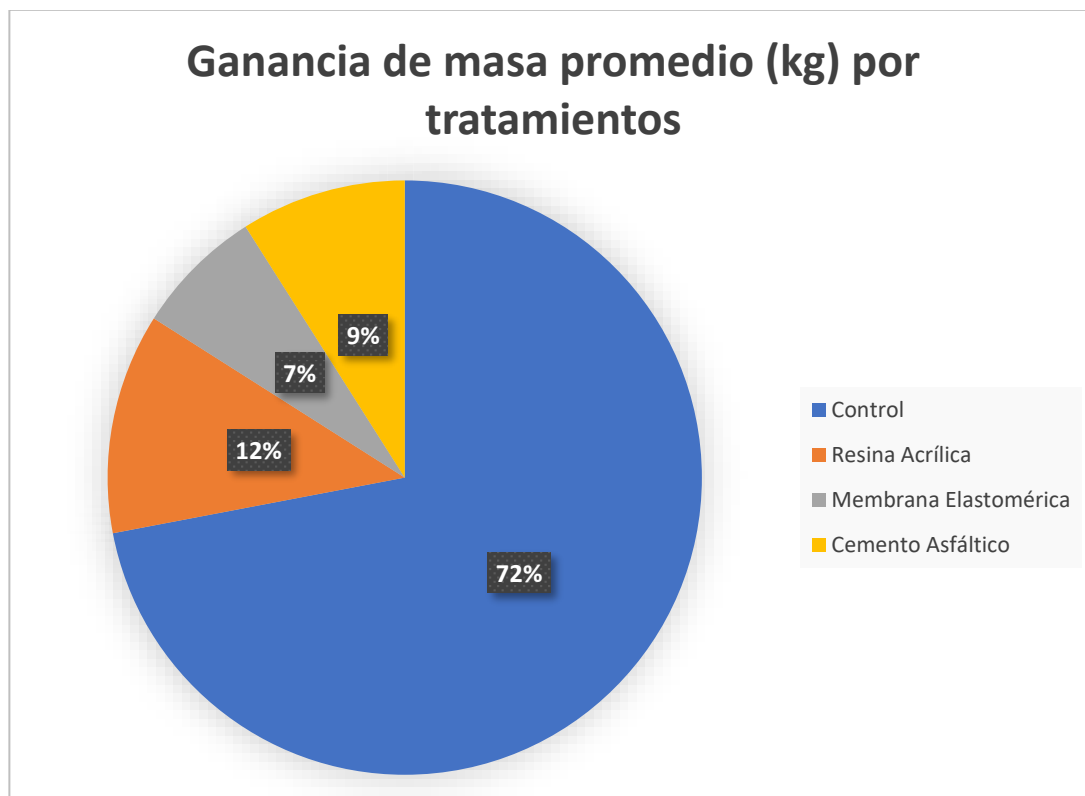


Figura 17. Ganancia de masa promedio de los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes.

La menor ganancia de masa observada en Membrana Elastomérica indica una mayor capacidad para impedir el ingreso de agua al interior del murete, lo que se traduce en una mejor eficiencia impermeabilizante. El cemento asfáltico también presentó un comportamiento favorable, mientras que Resina Acrílica, aunque redujo significativamente la absorción respecto al control, mostró un desempeño ligeramente inferior en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Discusión de los resultados de ganancia de masa

Los resultados obtenidos en los ensayos evidencian que la aplicación de impermeabilizantes influyó de manera positiva en la capacidad de los muretes para limitar el ingreso de agua. La reducción de la masa registrada después de la exposición a la humedad demuestra que los tratamientos aplicados actuaron como una barrera efectiva, disminuyendo la cantidad de agua retenida en los muretes evaluados.

Al comparar los tratamientos con el grupo de control, se observa una diferencia significativa en el comportamiento de los materiales. Los muretes sin protección presentaron el mayor incremento de masa, lo que indica una mayor absorción de agua y una mayor vulnerabilidad

frente a los efectos de la humedad. En contraste, los especímenes impermeabilizados mostraron aumentos considerablemente menores, reflejando una mejor respuesta ante la exposición al agua.

Los resultados también permiten inferir que la estructura interna del material juega un papel importante en el proceso de absorción. Cuando se reduce el ingreso de humedad, disminuye la cantidad de agua que puede alojarse en los espacios vacíos del hormigón, favoreciendo así un comportamiento más estable frente a condiciones ambientales adversas. En este sentido, la acción de los impermeabilizantes contribuye a limitar el avance de la humedad hacia el interior de los elementos constructivos.

Entre los productos evaluados, Membrana Elastomérica y Cemento Asfáltico registraron los menores valores promedio de ganancia de masa, lo que evidencia una mayor capacidad para restringir la penetración de agua. Por su parte, Resina Acrílica también mejoró el desempeño de los muretes respecto al grupo de control, aunque presentó valores ligeramente superiores a los obtenidos con los otros tratamientos.

Desde una perspectiva constructiva, una menor absorción de humedad puede traducirse en una reducción de los daños que suelen afectar a los materiales expuestos al agua durante periodos prolongados. La presencia constante de humedad favorece la aparición de manchas, eflorescencias, desprendimientos de recubrimientos y otras manifestaciones patológicas que deterioran gradualmente el estado de la edificación. Por ello, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de incorporar sistemas de impermeabilización adecuados en elementos sometidos a condiciones de humedad frecuentes

4.2.1. Reducción porcentual de la absorción de agua respecto al grupo control

Este indicador transforma los valores de absorción en una medida directa de eficiencia impermeabilizante.

La fórmula utilizada es:

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{\text{Absorción del Control} - \text{Absorción del Tratamiento}}{\text{Absorción del Control}} \times 100$$

A partir de los promedios obtenidos en la Tabla 3 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tratamiento	Absorción promedio (%)	Reducción (%)
Control	5,58	0
Resina Acrílica	1,09	80,47
Membrana Elastomérica	0,69	87,63
Cemento Asfáltico	0,83	85,13

Tabla 5 Reducción porcentual de absorción respecto al grupo control

Los resultados presentados en la Tabla 5 muestran que todos los tratamientos impermeabilizantes lograron disminuir considerablemente la absorción de agua en comparación con el grupo control. Las reducciones porcentuales obtenidas superan el 80 % en los tres productos evaluados, lo que evidencia una capacidad efectiva para limitar el ingreso de humedad en los muretes. Entre los tratamientos analizados, Membrana Elastomérica registró el mayor porcentaje de reducción, seguido por Cemento Asfáltico y Resina Acrílica. Con el propósito de facilitar la comparación visual entre los tratamientos, estos resultados se representan en la Figura 18.

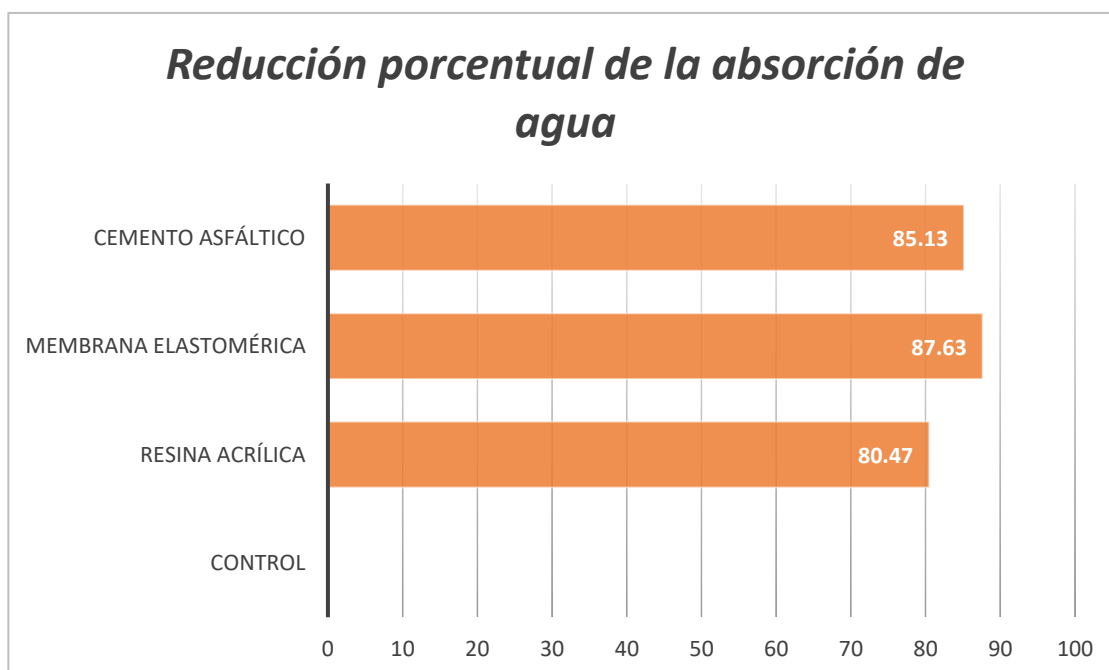


Figura 18. Reducción porcentual de la absorción de agua

Los resultados presentados (Tabla 5 y Figura 18) evidencian que todos los impermeabilizantes evaluados redujeron considerablemente la absorción de agua en comparación con el grupo control. La mayor reducción fue obtenida por Membrana Elastomérica, con una disminución del 87,63 %, seguido por Cemento Asfáltico con 85,13 % y Resina Acrílica con 80,47 %. Estos

resultados evidencian que los tres productos presentan una elevada capacidad de protección frente al ingreso de humedad, aunque con diferencias en su nivel de eficiencia.

La reducción observada confirma que la aplicación de recubrimientos impermeabilizantes limita significativamente la capacidad de absorción de agua del hormigón. En términos comparativos, Membrana Elastomérica presentó el mejor comportamiento hidráulico, logrando la mayor disminución porcentual respecto al grupo sin tratamiento.

Análisis

Los resultados evidenciaron que todos los impermeabilizantes evaluados lograron reducir significativamente la absorción de agua respecto al grupo control, alcanzando reducciones superiores al 80 %. El mejor desempeño fue registrado por Membrana Elastomérica, con una reducción del 87,63 %, seguido por Cemento Asfáltico (85,13 %) y Resina Acrílica (80,47 %). Estos resultados demuestran que la aplicación de recubrimientos impermeabilizantes constituye una medida efectiva para disminuir la penetración de humedad en elementos de hormigón.

Desde una perspectiva técnica, las diferencias observadas entre los tratamientos permiten inferir que la capacidad de impermeabilización está directamente relacionada con la continuidad y adherencia de la película protectora formada sobre la superficie del sustrato. En este sentido, Membrana Elastomérica presentó el mejor comportamiento al registrar la menor ganancia de masa durante el ensayo, lo que indica una mayor capacidad para impedir el ingreso de agua y reducir la permeabilidad del elemento. Aunque Cemento Asfáltico y Resina Acrílica también mostraron resultados favorables, sus valores ligeramente superiores de absorción sugieren una menor eficacia para limitar completamente el paso de la humedad. Estos hallazgos son especialmente relevantes en aplicaciones constructivas expuestas a condiciones de lluvia o ambientes húmedos, donde la presencia prolongada de agua puede acelerar procesos de deterioro, generar eflorescencias y afectar la durabilidad de los muros. Por tanto, los resultados obtenidos no solo evidencian la efectividad de los impermeabilizantes evaluados, sino que también permiten identificar a Membrana Elastomérica como la alternativa que ofrece una protección más eficiente frente a la acción del agua, contribuyendo a mejorar el desempeño y la vida útil de los elementos constructivos.

4.2.2. Comparación porcentual de reducción de la ganancia de masa

La ganancia de masa representa la cantidad de agua retenida por los muretes durante el ensayo. Para complementar el análisis anterior, se calculó el porcentaje de reducción de la ganancia de masa de cada tratamiento respecto al grupo control, con el objetivo de determinar la efectividad de los impermeabilizantes para limitar la incorporación de agua en la estructura del hormigón. Los cálculos se realizaron utilizando los valores promedio de ganancia de masa obtenidos durante los ensayos experimentales.

La fórmula utilizada es:

$$\text{Reducción (\%)} = \frac{\text{Ganancia de masa del Control} - \text{Ganancia de masa del Tratamiento}}{\text{Ganancia de masa del Control}} \times 100$$

A partir de los promedios obtenidos en la Tabla 3 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tratamiento	Ganancia de masa promedio (kg)	Reducción (%)
Control	0,72	0
Resina Acrílica	0,12	83,33
Membrana Elastomérica	0,07	90,28
Cemento Asfáltico	0,09	87,5

Tabla 6 Reducción porcentual de ganancia de masa respecto al grupo control

Los resultados (Figura 19) muestran que todos los tratamientos impermeabilizantes lograron reducir significativamente la cantidad de agua absorbida por los muretes respecto al grupo control. La mayor reducción de ganancia de masa fue obtenida por Membrana Elastomérica, con un valor de 90,28 %, seguido por Cemento Asfáltico con 87,50 % y Resina Acrílica con 83,33 %. Estos valores evidencian una importante disminución en la incorporación de agua al interior del hormigón después de la aplicación de los impermeabilizantes.

La tendencia observada coincide con los resultados obtenidos en la evaluación de absorción de agua, donde Membrana Elastomérica también presentó el mejor comportamiento técnico. Esta correspondencia entre ambas variables confirma la consistencia de los resultados experimentales y demuestra que los tratamientos impermeabilizantes redujeron eficazmente la capacidad de absorción de los muretes.

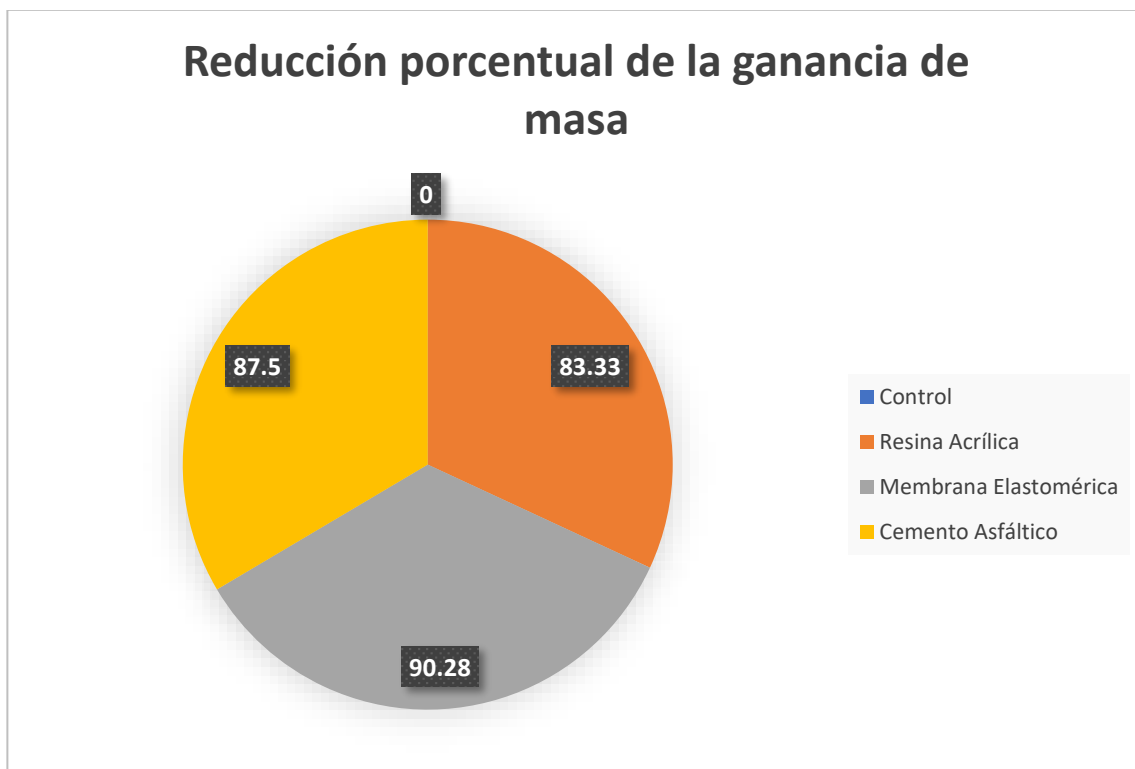


Figura 19. Reducción porcentual de la ganancia de masa de los muretes tratados con impermeabilizantes respecto al grupo control

Análisis

Los resultados obtenidos evidencian que los tres impermeabilizantes evaluados fueron efectivos para limitar la absorción de agua en los muretes, alcanzando reducciones superiores al 80 % respecto al grupo de control. Este comportamiento demuestra que la aplicación de tratamientos impermeabilizantes disminuye significativamente la cantidad de humedad que puede ingresar y permanecer en la estructura del material. La menor ganancia de masa registrada en las muestras tratadas indica una mayor capacidad para restringir la penetración de agua.

Los resultados permiten inferir que la reducción de la absorción y de la humedad retenida favorece la conservación de las propiedades del material y disminuye su vulnerabilidad frente a procesos de deterioro asociados al agua. Entre los tratamientos analizados, Membrana Elastomérica presentó el mejor comportamiento al registrar la menor ganancia de masa, seguido por Cemento Asfáltico y Resina Acrílica. Estas diferencias reflejan distintos niveles de eficiencia impermeabilizante; sin embargo, todos los productos evaluados mejoraron notablemente el comportamiento de los muretes en comparación con las muestras sin protección.

4.3. Evaluación de humedad visible y filtraciones

La inspección visual de los muretes después del ensayo de exposición al agua permitió evaluar la presencia de humedad visible y posibles filtraciones en la superficie de los especímenes. Esta evaluación complementa los resultados de absorción de agua y ganancia de masa, ya que permite identificar de forma cualitativa el comportamiento de los impermeabilizantes frente al ingreso de humedad.

Tratamiento	Humedad visible	Filtración	Tiempo de exposición
Control	Sí	No	60 min
Resina Acrílica	No	No	60 min
Membrana Elastomérica	No	No	60 min
Cemento Asfáltico	No	No	60 min

Tabla 7 Evaluación de humedad visible y filtraciones en los tratamientos evaluados

No se registró filtración visible en ninguno de los grupos durante los 60 minutos de exposición, incluido el grupo control. Por esta razón, este indicador no permitió establecer diferencias entre los tratamientos evaluados (Tabla 7 y Figura 20). En contraste, ninguno de los muretes tratados con Resina Acrílica, Membrana Elastomérica o Cemento Asfáltico mostró manifestaciones visibles de humedad superficial durante el ensayo.

Donde, no se registraron filtraciones visibles en ninguno de los tratamientos evaluados ni en las muestras de control durante el tiempo de exposición establecido. Sin embargo, la presencia de humedad observable en el grupo control indica que el agua logró penetrar parcialmente la estructura superficial del material, situación que no fue observada en los muretes impermeabilizados.

Estos resultados corroboran los hallazgos obtenidos en el análisis de absorción de agua y ganancia de masa, donde los tratamientos impermeabilizados registraron valores considerablemente inferiores al grupo control. La ausencia de humedad visible en las muestras tratadas demuestra que los productos aplicados generaron una barrera protectora capaz de limitar el ingreso de agua durante las condiciones del ensayo.

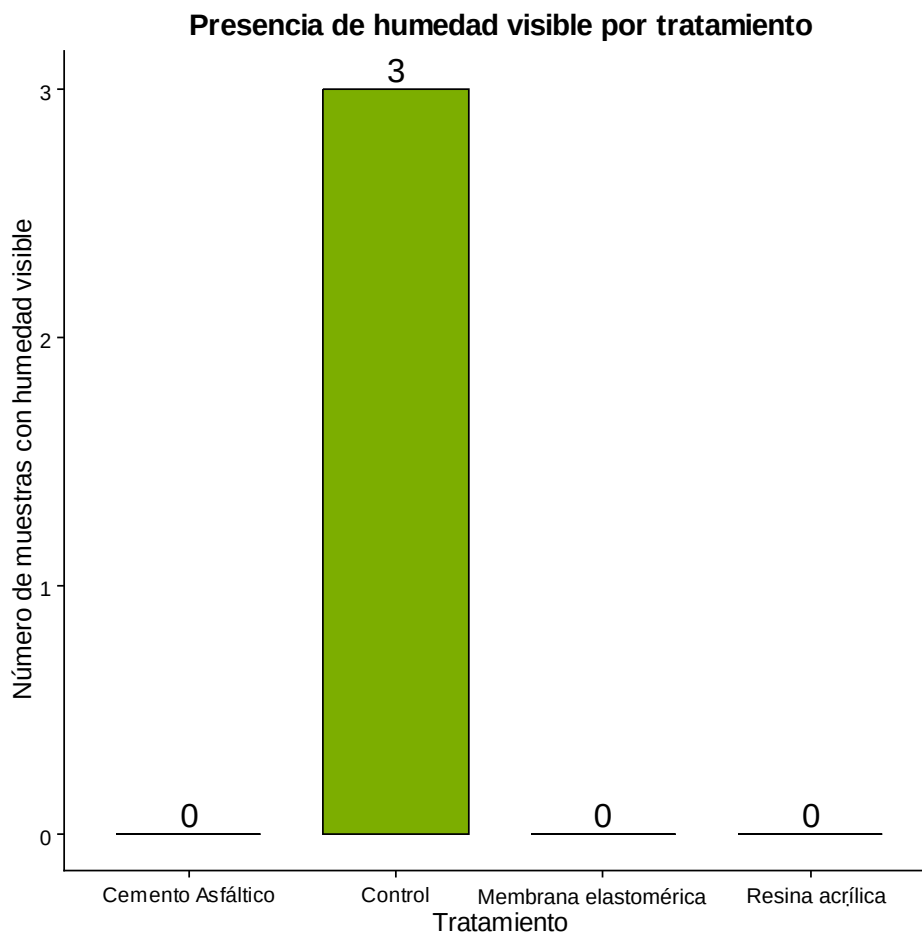


Figura 20. Presencia de humedad visible en los muretes sometidos a los diferentes tratamientos impermeabilizantes.

Análisis

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de impermeabilizantes líquidos contribuye significativamente a reducir la aparición de manifestaciones visibles de humedad en los elementos constructivos. Mientras que las muestras sin tratamiento presentaron evidencia visual de humedad después de la exposición al agua, los tres productos evaluados mantuvieron las superficies libres de este tipo de afectaciones.

Los hallazgos obtenidos reflejan que los sistemas de impermeabilización actúan como una barrera eficaz frente al ingreso de agua, limitando la penetración de humedad hacia el interior de los materiales. Como consecuencia, se reduce la probabilidad de que se presenten daños asociados a la infiltración y se mejora el comportamiento de los elementos constructivos sometidos a condiciones de exposición hídrica.

Asimismo, la ausencia de humedad visible en las muestras tratadas evidencia una adecuada capacidad de protección por parte de los recubrimientos aplicados. Este comportamiento favorece la conservación de las propiedades de los materiales y contribuye a prolongar su vida útil al disminuir los efectos negativos provocados por la presencia constante de agua.

Desde una perspectiva práctica, la reducción de las manifestaciones visibles de humedad representa una ventaja importante para las edificaciones residenciales, ya que disminuye el riesgo de aparición de patologías como eflorescencias, desprendimientos de revestimientos, crecimiento biológico y deterioro estético de las superficies. En consecuencia, los resultados permiten afirmar que los tres impermeabilizantes evaluados mostraron un comportamiento favorable frente a la humedad visible bajo las condiciones experimentales desarrolladas.

4.4. Estado físico de la superficie de los muretes

Con el propósito de complementar la evaluación del comportamiento de los impermeabilizantes frente a la humedad, se realizó una inspección visual del estado físico de la superficie de los muretes después de finalizar el ensayo de exposición al agua. Durante esta evaluación se analizaron indicadores relacionados con la aparición de eflorescencias, desprendimientos de recubrimiento, manchas de humedad, fisuras superficiales y otras alteraciones visibles que pudieran evidenciar deterioro asociado a la presencia de agua.

Indicador evaluado	Resultado observado
Eflorescencias	Ausente
Desprendimiento de recubrimiento	Ausente
Manchas de humedad	Ausente
Fisuras superficiales	Ausente
Alteraciones superficiales	Ausente

Tabla 8 Evaluación del estado físico de la superficie después del ensayo

La inspección visual realizada al finalizar el ensayo evidenció que ninguno de los muretes presentó deterioros visibles asociados a la acción de la humedad. No se observaron eflorescencias, desprendimientos de recubrimiento, manchas de humedad, fisuras superficiales ni otras alteraciones físicas en la superficie de las muestras evaluadas.

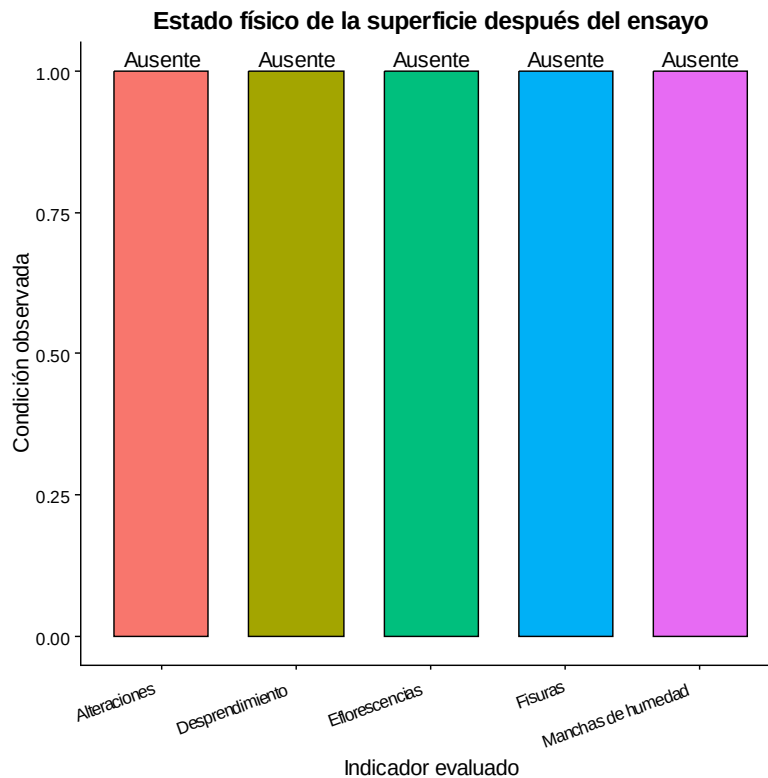


Figura 21. Evaluación del estado físico de la superficie de los muretes después de la exposición al agua

Los resultados indican que el tiempo de exposición utilizado durante el experimento no fue suficiente para generar manifestaciones patológicas visibles en los materiales. Esto era esperable debido a que fenómenos como las eflorescencias, el deterioro de recubrimientos o la aparición de fisuras generalmente requieren periodos prolongados de exposición a la humedad y ciclos repetidos de humedad-secado para manifestarse de forma evidente.

A pesar de la ausencia de daños visibles, los resultados obtenidos en los apartados anteriores demostraron que sí existieron diferencias importantes en la absorción de agua y la ganancia de masa entre tratamientos, lo que indica que los procesos de ingreso de humedad ocurrieron internamente, aunque no llegaron a generar deterioros superficiales observables durante el periodo experimental.

Análisis

La ausencia de manifestaciones patológicas visibles en las muestras evaluadas indica que los tratamientos impermeabilizantes aplicados fueron efectivos para evitar la aparición inmediata de daños asociados a la humedad. Este comportamiento sugiere que las afectaciones producidas por la acción del agua suelen desarrollarse de forma progresiva y, en muchos casos, requieren

períodos prolongados de exposición para hacerse evidentes en la superficie de los elementos constructivos.

De igual manera, las patologías relacionadas con la humedad por capilaridad, como eflorescencias, desprendimientos de recubrimientos y alteraciones superficiales, generalmente se presentan de manera gradual debido a los continuos procesos de absorción y evaporación del agua. En el presente estudio estas condiciones no llegaron a manifestarse, principalmente por la duración limitada del ensayo experimental y por el efecto protector proporcionado por los impermeabilizantes evaluados.

Sin embargo, la ausencia de deterioros visibles no implica que todos los tratamientos presenten el mismo comportamiento frente a la humedad. Los resultados obtenidos en los ensayos de absorción de agua y ganancia de masa permitieron identificar diferencias importantes en la capacidad de protección de cada producto. Por esta razón, los indicadores cuantitativos constituyen herramientas más precisas para evaluar el desempeño impermeabilizante en condiciones de laboratorio, ya que permiten determinar con mayor objetividad el nivel de resistencia al ingreso de agua ofrecido por cada tratamiento.

4.5. Análisis económico y relación costo-beneficio de los impermeabilizantes evaluados

Además del desempeño técnico de los impermeabilizantes, es fundamental considerar el aspecto económico como criterio para la selección de un sistema de protección contra la humedad. En edificaciones residenciales, la elección de un producto no depende únicamente de su capacidad impermeabilizante, sino también de su costo de aplicación y del beneficio que ofrece en relación con su desempeño. Por esta razón, se realizó un análisis económico considerando el costo por metro cuadrado de cada impermeabilizante evaluado.

Producto	Precio (USD)	Rendimiento (m ²)	Costo por m ² (USD)
Resina Acrílica	25,7	2,95	8,71
Membrana Elastomérica	31,9	4,74	6,73
Cemento Asfáltico	15,8	4	3,95

Tabla 9 Costos de aplicación de los impermeabilizantes evaluados

Los datos presentados en la Tabla 9 muestran diferencias en el costo de aplicación por metro cuadrado de los impermeabilizantes evaluados. Resina Acrílica registró el costo más elevado, con un valor de 8,71 USD/m², seguido por Membrana Elastomérica con 6,73 USD/m². Por su parte, Cemento Asfáltico presentó el menor costo de aplicación, alcanzando un valor de 3,95 USD/m². Estos resultados evidencian que el costo final no depende únicamente del precio de adquisición del producto, sino también de su rendimiento y capacidad de cobertura. Con el fin de facilitar la comparación entre los tratamientos.

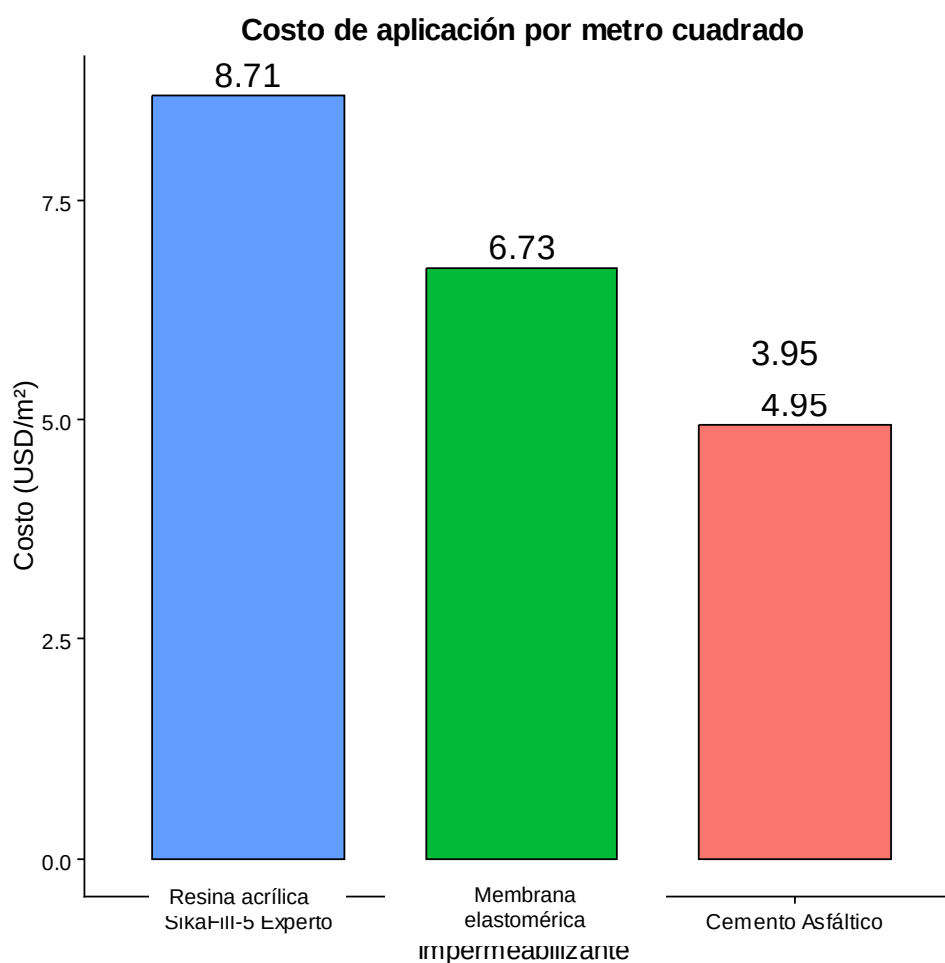


Figura 22. Costo de aplicación por metro cuadrado de los impermeabilizantes evaluados.

Se observa que Cemento Asfáltico constituye la alternativa de menor costo por metro cuadrado, mientras que Resina Acrílica requiere una inversión más alta para cubrir la misma superficie. Membrana Elastomérica presenta un comportamiento intermedio dentro de los tratamientos evaluados. Estas diferencias económicas representan un aspecto importante para la selección de un sistema impermeabilizante, especialmente cuando se busca un equilibrio entre el desempeño técnico y la inversión requerida para su aplicación.

Tratamiento	Absorción promedio (%)	Costo por m ² (USD)
Resina Acrílica	1,09	8,71
Membrana Elastomérica	0,69	6,73
Cemento Asfáltico	0,83	3,95

Tabla 10 Relación entre absorción de agua y costo de aplicación

La representación conjunta de la absorción de agua y el costo de aplicación (Tabla 10) permite evaluar de manera integral el desempeño de los impermeabilizantes estudiados. Se observa que Membrana Elastomérica presentó la menor absorción de agua (0,69 %), aunque con un costo de aplicación intermedio de 6,73 USD/m², mientras que Cemento Asfáltico registró una absorción ligeramente superior (0,83 %) pero el menor costo de aplicación (3,95 USD/m²). Por otro lado, Resina Acrílica presentó la mayor absorción entre los tratamientos impermeabilizados (1,09 %) y el mayor costo de aplicación (8,71 USD/m²).

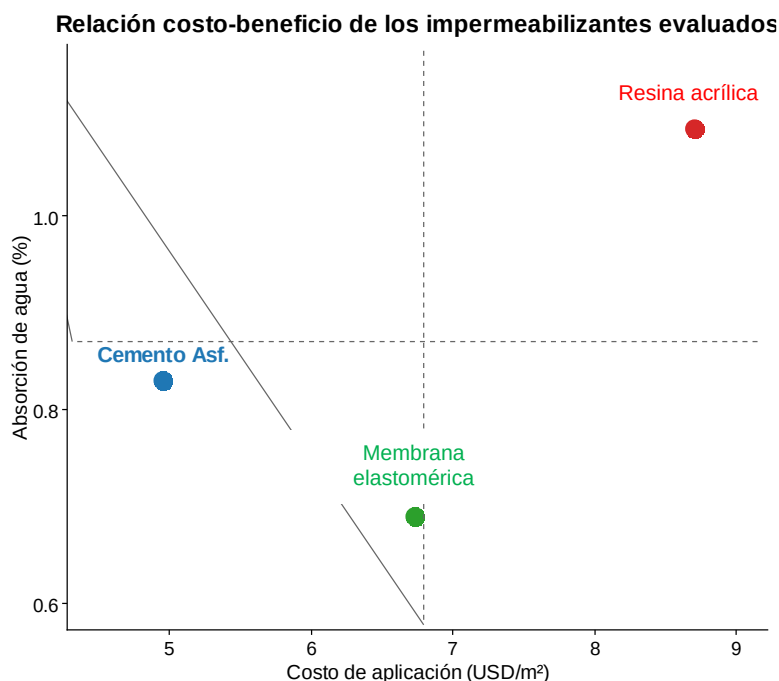


Figura 23. Relación costo-beneficio de los impermeabilizantes evaluados.

Estos resultados evidencian que Cemento Asfáltico representa la alternativa con mejor relación costo-beneficio, mientras que Membrana Elastomérica constituye la opción de mejor desempeño técnico. En contraste, Resina Acrílica mostró una menor competitividad al combinar un mayor costo con una absorción superior respecto a los otros tratamientos evaluados.

Membrana Elastomérica registró la menor absorción de agua (0,69 %), lo que refleja el mejor desempeño técnico entre los productos evaluados. Sin embargo, Cemento Asfáltico presentó una absorción apenas superior (0,83 %) y el menor costo de aplicación (3,95 USD/m²), ubicándose como la alternativa con mejor relación costo-beneficio. Por otro lado, Resina Acrílica presentó el costo más elevado (8,71 USD/m²) y la mayor absorción de agua entre los tratamientos impermeabilizados (1,09 %). Estos resultados evidencian que el producto de mayor costo no necesariamente ofrece el mejor desempeño técnico.

Los resultados económicos (Tabla 10 y Figura 23) muestran diferencias importantes entre los impermeabilizantes evaluados. El mayor costo de aplicación fue registrado por Resina Acrílica, con un valor de 8,71 USD/m², seguido de Membrana Elastomérica con 6,73 USD/m². Por su parte, Cemento Asfáltico presentó el menor costo de aplicación, alcanzando un valor de 3,95 USD/m².

Al comparar estos costos con los resultados de absorción de agua obtenidos en los ensayos experimentales, se observa que Membrana Elastomérica fue el producto con mejor desempeño técnico, registrando la menor absorción promedio (0,69 %). Sin embargo, Cemento Asfáltico presentó una absorción muy cercana (0,83 %) con un costo de aplicación considerablemente menor. Por el contrario, Resina Acrílica fue el producto de mayor costo y presentó una absorción superior a los otros dos tratamientos evaluados (1,09 %).

Estos resultados permiten establecer que el mejor desempeño técnico no necesariamente coincide con el producto más costoso. Aunque Membrana Elastomérica obtuvo los mejores resultados de impermeabilización, el Cemento Asfáltico presentó una combinación favorable entre costo reducido y eficiencia técnica, convirtiéndose en una alternativa económicamente atractiva para aplicaciones residenciales.

Esta comparación corresponde únicamente al desempeño-coste inicial observado durante el estudio y no incorpora variables como mano de obra, preparación superficial, mantenimiento,

vida útil, frecuencia de reaplicación o condiciones reales de servicio. Por lo tanto, no constituye una evaluación integral del costo-beneficio durante la vida útil del sistema.

Análisis

Los resultados obtenidos evidencian que la evaluación de un impermeabilizante no debe limitarse únicamente a su desempeño técnico, sino que debe considerar también los costos asociados a su implementación. En la presente investigación se encontró que Membrana Elastomérica presentó la menor absorción de agua (0,69 %), seguido por Cemento Asfáltico (0,83 %) y Resina Acrílica (1,09 %). Sin embargo, desde el punto de vista económico, Cemento Asfáltico registró el menor costo de aplicación (3,95 USD/m²), mientras que Membrana Elastomérica y Resina Acrílica alcanzaron costos de 6,73 USD/m² y 8,71 USD/m², respectivamente. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de analizar conjuntamente la eficiencia técnica y el costo de aplicación para seleccionar la alternativa más conveniente.

La Figura 23 permite visualizar de manera integral la relación entre absorción de agua y costo de aplicación. En ella se observa que Membrana Elastomérica se ubica como el tratamiento con mejor desempeño técnico al presentar la menor absorción de agua; sin embargo, Cemento Asfáltico ocupa una posición favorable al combinar una baja absorción con el menor costo de aplicación entre los tratamientos evaluados. Por el contrario, Resina Acrílica se posiciona como la alternativa de mayor costo y presenta la absorción más alta entre los productos impermeabilizantes analizados.

4.6. Discusión general de la investigación

Los resultados obtenidos durante la investigación permitieron comprobar que la aplicación de impermeabilizantes líquidos mejora de manera significativa el comportamiento de los muros de hormigón frente a la acción de la humedad. Los tres tratamientos evaluados registraron menores porcentajes de absorción de agua y menores ganancias de masa en comparación con el grupo de control, lo que evidencia una reducción importante en la capacidad de ingreso y retención de agua dentro del material. Asimismo, durante la evaluación visual no se observaron filtraciones ni manifestaciones superficiales de humedad en los especímenes tratados.

En relación con la absorción de agua, los resultados demostraron que todos los impermeabilizantes evaluados fueron eficaces para reducir la penetración de humedad. Sin

embargo, Membrana Elastomérica presentó el mejor desempeño técnico al registrar los menores valores de absorción y el mayor porcentaje de reducción respecto a los muretes sin tratamiento. Este comportamiento sugiere que el producto generó una barrera más efectiva frente al ingreso de agua, favoreciendo la protección de la superficie evaluada durante el periodo experimental.

Los resultados de ganancia de masa complementan los hallazgos obtenidos en los ensayos de absorción. La menor cantidad de agua retenida por los muretes impermeabilizados demuestra que los tratamientos aplicados limitaron el ingreso de humedad a la estructura interna del material. Esta condición resulta favorable para la conservación de las propiedades físicas del hormigón, ya que la presencia continua de agua puede acelerar diversos procesos de deterioro y afectar el desempeño de los elementos constructivos a largo plazo.

Desde el punto de vista de la inspección visual, la ausencia de filtraciones y daños superficiales en los tratamientos impermeabilizados confirma la capacidad de los productos para proporcionar una protección adecuada frente a la humedad. Mientras que el grupo control presentó evidencia de humedad visible después de la exposición al agua, los muretes tratados conservaron condiciones superficiales estables durante todo el ensayo. Estos resultados demuestran la efectividad de los sistemas evaluados para prevenir problemas asociados a la penetración de agua.

En cuanto al análisis económico, se observó que el tratamiento con mejor desempeño técnico no necesariamente coincide con la alternativa de menor costo. Aunque Membrana Elastomérica presentó los mejores resultados en términos de protección contra la humedad, Cemento Asfáltico destacó por ofrecer una combinación adecuada entre eficiencia impermeabilizante y bajo costo de aplicación. En términos generales, los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis de investigación y demuestran que los impermeabilizantes líquidos constituyen una solución viable para mejorar la durabilidad de los muros expuestos a condiciones de humedad en edificaciones residenciales.

Los resultados obtenidos durante la investigación permitieron comprobar que la aplicación de impermeabilizantes líquidos mejora significativamente el comportamiento de los muros de hormigón frente a la acción de la humedad. Los tres tratamientos evaluados presentaron menores porcentajes de absorción de agua y menores ganancias de masa en comparación con el grupo control, evidenciando una reducción importante en la capacidad de ingreso y retención

de agua dentro del material. Asimismo, no se observaron filtraciones visibles ni alteraciones superficiales en los muretes tratados durante el periodo experimental.

En relación con la absorción de agua, Membrana Elastomérica presentó el mejor desempeño técnico al registrar los menores valores de absorción y la mayor reducción porcentual respecto al grupo control. Estos resultados coinciden con lo señalado por Kimick et al. (2021) y Calabuig (2022), quienes indican que los recubrimientos impermeabilizantes reducen la permeabilidad superficial del hormigón al formar barreras continuas que limitan el paso del agua hacia el interior de la estructura.

Norma	Criterio de evaluación	Resultado obtenido	Relación con los resultados obtenidos
NTE INEN 3066	Control de absorción de agua	Reducción entre 80,47% y 87,63%	Si
NEC – HS – CD	Control de humedad y filtraciones	No se observaron filtraciones ni humedad visible	Si
NEC – SE – HM	Protección y durabilidad del hormigón	Disminución de absorción y ganancia de masa	Si
LOOTUGS	Calidad técnica de los sistemas constructivos	Los tratamientos mejoraron el desempeño frente a la humedad	Si

Tabla 11 Aplicabilidad de las diferencias normativas

La evaluación del cumplimiento normativo evidencia que los impermeabilizantes estudiados presentan un comportamiento acorde con los criterios técnicos establecidos para el control de humedad y la protección de elementos constructivos. Los resultados experimentales demostraron una disminución significativa de la absorción de agua, ausencia de filtraciones visibles y una mejora general en la durabilidad potencial de los muretes evaluados. En consecuencia, los tratamientos analizados satisfacen los lineamientos normativos relacionados con la prevención de patologías por humedad y la conservación de la calidad de las edificaciones.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del ensayo de pulverización superficial durante 60 minutos, los muretes tratados con los tres recubrimientos impermeabilizantes presentaron menores incrementos relativos de masa y menores porcentajes de absorción de agua que el grupo control sin tratamiento. El control registró una absorción promedio de (5,58 %), mientras que los tratamientos impermeabilizados presentaron valores comprendidos entre (0,69 %) y (1,09 %). Estos resultados evidencian un mejor comportamiento inicial frente al ingreso de agua superficial, limitado a las condiciones experimentales empleadas.

Membrana Elastomérica registró el menor promedio de absorción de agua (0,69 %), seguido por Cemento Asfáltico (0,83 %) y Resina Acrílica (1,09 %). Aunque Membrana Elastomérica presentó el resultado promedio más favorable dentro de las variables evaluadas, el número reducido de réplicas y la ausencia de análisis estadísticos inferenciales no permiten afirmar de manera concluyente que sea estadísticamente superior a los demás recubrimientos evaluados.

Durante los 60 minutos de exposición al agua, los muretes impermeabilizados no presentaron humedad visible, mientras que las muestras del grupo control sí mostraron manifestaciones visuales de humedad. No se registró filtración completa en ninguno de los grupos, incluido el control, por lo que este indicador no permitió establecer diferencias comparativas entre los tratamientos. Asimismo, no se observaron eflorescencias, fisuras ni desprendimientos superficiales, situación atribuible a la corta duración del ensayo, insuficiente para evaluar patologías de desarrollo progresivo o procesos de deterioro a largo plazo.

Según los precios y rendimientos considerados en la investigación, Resina Acrílica presentó un costo estimado de 8,71 USD/m², Membrana Elastomérica de 6,73 USD/m² y Cemento Asfáltico de 3,95 USD/m². El sistema asfáltico combinó el menor costo inicial con un comportamiento técnico cercano al obtenido por Membrana Elastomérica. Sin

embargo, esta comparación representa únicamente una evaluación preliminar de desempeño-costo inicial, ya que no incorpora variables como mano de obra, preparación superficial, mantenimiento, vida útil, reaplicaciones o condiciones reales de servicio.

Los resultados obtenidos respaldan parcialmente la hipótesis de investigación al evidenciar que los impermeabilizantes líquidos evaluados redujeron la absorción de agua en comparación con el grupo sin tratamiento. No obstante, debido a las limitaciones propias del diseño experimental, la duración del ensayo y el alcance de las variables analizadas, las conclusiones deben interpretarse exclusivamente dentro de las condiciones específicas bajo las cuales se desarrolló el estudio.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de impermeabilizantes líquidos elastoméricos y asfálticos en paredes expuestas a condiciones de humedad, debido a que los resultados demostraron una reducción significativa de la absorción de agua y de la ganancia de masa en comparación con superficies sin tratamiento.

Para proyectos donde se priorice el desempeño técnico frente a la humedad, se recomienda el uso de Membrana Elastomérica, ya que presentó los menores valores de absorción de agua y la mayor reducción porcentual respecto al grupo control.

En proyectos residenciales con limitaciones presupuestarias, se recomienda considerar el cemento asfáltico, debido a que mostró un comportamiento técnico satisfactorio y la mejor relación costo-beneficio entre los tratamientos evaluados.

Se sugiere que futuras investigaciones evalúen el comportamiento de los impermeabilizantes durante periodos de exposición más prolongados y bajo condiciones climáticas reales, con el fin de analizar su durabilidad y resistencia a largo plazo frente a la acción continua de la humedad.

Se recomienda ampliar futuras investigaciones incorporando un mayor número de tratamientos, diferentes tipos de sustratos y ensayos complementarios de permeabilidad o envejecimiento acelerado, que permitan obtener información más completa sobre el desempeño de los sistemas impermeabilizantes utilizados en edificaciones residenciales

Se recomienda que la selección y aplicación de impermeabilizantes en edificaciones residenciales se realice considerando los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN aplicables y las especificaciones técnicas de los fabricantes, con el fin de garantizar un adecuado control de humedad, mejorar la durabilidad de los elementos constructivos y asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad y seguridad exigidos por la normativa vigente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ampack. (2025). *Water vapour diffusion*. Ampack AG. <https://www.ampack.biz/eu-en/knowledge/building-physics/diffusion-of-vapour/water-vapour-diffusion>
- Ayala, E. L. (2021, abril 13). La presión hidrostática en los soterrados. *Soluciones Especiales*. <https://www.solucionesespeciales.net/la-presion-hidrostatica-en-los-soterrados/>
- Calabuig. (2022). Sistemas de impermeabilización: ¿Qué son y qué tipos hay? *Materiales de construcción Calabuig*. <https://www.materialescalabuig.com/blog/sistemas-de-impermeabilizacion-que-son-y-que-tipos-hay/>
- Campos-Vásquez, N., Manturano-Chipana, R. K., & Rabanal-Chávez, E. H. (2025). Causas e Influencia de la humedad en la infraestructura de las edificaciones. *Ciencia y Tecnología*, 24(2), 27-33. <https://doi.org/10.70414/cyt.v24i2.126>
- Cánovas Vidal, M., Alhama Manteca, I., García Ros, G., Trigueros Tornero, E., & Alhama López, F. J. (2017). *Numerical simulation of density-driven flow and heat transport processes in porous media using the network method*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1359>
- Carcaño, R. S., & Moreno, E. I. (2006). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 21(3), 57-68.
- Carreño, J., & Serrano, R. (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. *Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil*.

https://www.academia.edu/download/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia.pdf

Florentín, S. M. M., Granada, R. R. D., & Molina, I. F. S. (2020). *Patologías constructivas en los edificios Prevenciones y Soluciones*.
https://www.academia.edu/33541344/Patolog%C3%ADas_constructivas_en_los_edificios_Prevenciones_y_Soluciones

Fuensanta, M. (2022, mayo 31). Impermeabilización en Construcción: Tipos, productos y sistemas. *Inarquia*. <https://inarquia.es/impermeabilizacion-construccion-tipos-productos-sistemas/>

García, M. S. (1995). *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos* [Phd, E.T.S. Arquitectura (UPM)]. <https://oa.upm.es/10159/>

García-Moreta, L. D., Morrillo-García, V. A., & Guerra-Mera, J. C. (2023). Características de dos agregados gruesos triturados que influyen en la porosidad del hormigón. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2697-3693., 6(11 Ed. esp.), 16-28.

Gonzalez Barrera, N. (2020). *Factores que inciden en una adecuada impermeabilización del concreto*.
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1344>

Gutiérrez, J. D., Zambrano, A. J. P., & Mendoza, A. M. R. (2024). Análisis comparativo de manifestaciones patológicas en viviendas de interés social. Conjunto habitacional “Sí Vivienda” – Manta. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica*

Multidisciplinaria, 8(3), 45-59. <https://doi.org/10.47230/unesciencias.v8.n3.2024.45-59>

Gutierrez, M. L. C. (2024). Optimización de las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU”—Cerro de Pasco – 2023. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4421>

Hume, I. (2015, marzo 31). ¿Cómo identificar por ti mismo la humedad por capilaridad? *Hume Ingeniería*. <https://humeingenieria.es/blog/como-identificar-por-ti-mismo-la-humedad-por-capilaridad/>

INEN. (2022). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador*. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

Iñaki del Prim, G. (2024). *Física de la construcción en las envolventes de madera*. <https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/3488>

Kimick, R. dos S., Gazolla, M., Junior, R. M. da S., Capraro, A. P. B., & Moreira, K. (2021). Análise comparativa da eficácia e eficiência de três sistemas impermeabilizantes. *Revista ALCONPAT*, 11(1), 34-47. <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.509>

Lara, M.-L., Bustamante, R., Lara, M.-L., & Bustamante, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. *Revista Politécnica*, 49(2), 37-46. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.04>

Lezcano, A. (2023, agosto 29). La importancia de la impermeabilización en la construcción: Protegiendo tus estructuras | Cronotopos. *Cronotopos*

- Arquitectura*. <https://www.cronotopos.es/impermeabilizacion-construccion-protegiendo-estructuras/>
- Lstiburek, J. (2021). *BSI-123: Capillarity Sucks* | *buildingscience.com*.
<https://buildingscience.com/documents/building-science-insights-newsletters/bsi-123-capillarity-sucks>
- Miferre. (2022, septiembre 27). *Agua y construcción: La necesidad de sistemas de impermeabilización para una vida sana y segura* – MiFerre.
<https://miferre.com/blog/agua-y-construccion-la-necesidad-de-sistemas-de-impermeabilizacion-para-una-vida-sana-y-segura/9350/>
- Montaño, V. B. F., & Lara, B. J. S. (2025). *Técnicas de impermeabilización en edificaciones: Análisis para la toma de decisiones en la gestión de proyectos*.
- Morán, D. E. Y. (2019). *Guía para la impermeabilización de cimentaciones mediante drenes y geotextiles para construcciones residenciales en zonas de alto nivel freático* [bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019].
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11141>
- Mossen, E. G. (2025). *Humedad por capilaridad*. <https://www.baixens.com/humedad-capilaridad>
- Mursec. (2025). ▷ *Humedad por Capilaridad Ecuador* | Humicontrol.
<https://humicontrol.com/es-lat/humedades-ecuador/capilaridad/>
- Ortiz-Marqués, A., Caldevilla, P., Goldmann, E., Safuta, M., Fernández-Raga, M., & Górski, M. (2025). Porosity and Permeability in Construction Materials as Key Parameters for Their Durability and Performance: A Review. *Buildings*, 15(18), 3422. <https://doi.org/10.3390/buildings15183422>

Parrales, E. V. J., Chiliquinga Lago, B., & Guerra Mera, J. C. (2023). Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 8(11 (NOVIEMBRE 2023)), 600-613.

PPC. (2025, enero 22). Impermeabilización en la construcción—Protección contra la humedad | PCC. *PCC Group Product Portal*.
<https://www.products.pcc.eu/es/blog/impermeabilizacion-en-la-practica-proteccion-eficaz-contr-la-humedad/>

Pujaico, J. (2025, febrero 8). IMPORTANCIA DE IMPERMEABILIZAR. *ANCLAF*.
<https://anclaf.com/importancia-de-impermeabilizar/>

Ramli, M., Tabassi, A. A., & Hoe, K. W. (2013). Porosity, pore structure and water absorption of polymer-modified mortars: An experimental study under different curing conditions. *Composites Part B: Engineering*, 55, 221-233.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.06.022>

Ramos Manrique, D., Rodríguez García, C., & Cruz Álvarez, J. J. (2014). Procedimiento para la evaluación de sistemas de impermeabilización de cubiertas. *Avanzada Científica*, 17(1), 68-82.

Rico, H. A. D. (2021). *PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD EN CIMENTACIONES DE VIVIENDA UNIFAMILIAR: EL CASO DE UNA CASA EN SAN PABLO AUTOPAN*. <https://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/112234>

Rode, C., Peuhkuri Ruut, Svennberg, K., & Ojanen, T. (2017). Moisture Buffer Value of Building Materials. *ResearchGate*, 4(5). <https://doi.org/10.1520/JAI100369>

- Sika, E. (2025). *Humedades por capilaridad: Causas y cómo eliminarlas*.
<https://esp.sika.com/es/noticias/eliminar-humedades-capilaridad.html>
- Soto, T. K., & Monteros, C. K. (2025). Análisis y determinación de patologías constructivas en edificaciones de tierra de comunidades indígenas de los Andes, Ecuador. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-21.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1242>
- Souza, E. (2023, noviembre 7). *Una guía para impermeabilizar y solucionar problemas de humedad en casa*. ArchDaily en Español.
<https://www.archdaily.cl/cl/1007125/una-guia-para-impermeabilizar-y-solucionar-problemas-de-humedad-en-casa>
- Uribe, J. C. R., Torres, Z. B. T., & Alonso, M. B. (2023). *Tecnología de impermeabilizantes empleados en edificaciones*. (6ta, edición).
<https://doi.org/relitecs.iteshu.edu.mx/>
- Uzqueda, P. M. (2020). *Análisis de la vulnerabilidad de los edificios frente al ambiente marino en Oropesa del Mar (Castellón de la Plana)* [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/150540>
- Ventura, B., Ortega, E., & Andrade, C. (1987). La agresividad ambiental y la durabilidad de las estructuras de hormigón. *Informes de la Construcción*, 38, 17-24. <https://doi.org/10.3989/ic.1987.v38.i388.1639>
- Wicitec. (2018, octubre 2). *HUMEDAD E IMPERMEABILIZACIÓN DE PAREDES | El Oficial*. <https://www.eloficial.ec/impermeabilizacion-de-paredes/>
- Yepes, P. V. (2024, noviembre 2). Efectos de las inundaciones en las estructuras de las edificaciones. *El blog de Víctor Yepes*.

<https://victoryepes.webs.upv.es/2024/11/02/efectos-de-las-inundaciones-en-las-estructuras-de-las-edificaciones/>

Zalegowski, K. (2025). Pore Structure Influence on Properties of Air-Entrained Concrete. *Materials*, 18(12), 2885. <https://doi.org/10.3390/ma18122885>

ANEXOS



Figura. Pesaje de cemento.



Figura. Pesaje unidad de murete.



Figura. Pesaje de arena.



Figura. Elaboración de muretes.



Figura. Curado de muretes.



Figura. Imprimación de impermeabilizantes en los muretes.



Figura. Aplicación de impermeabilizantes en muretes.



Figura. Boquilla pulverizadora para simulación de lluvia.

Producto	Imprimante	Espera	Producto puro	Espera	Segunda mano
Imptek	1:3 (producto:agua)	2-4 h	Sí	4-6 h	Sí
Sikafill	1:2 (producto:agua)	45 min-2 h	Sí	2-4 h	Sí
Elastocoat	1:2 (producto:agua)	1-2 h	Sí	2-4 h	Sí

Figura. Tiempos de secado del producto impermeabilizante.



Figura. Productos impermeabilizantes.



Figura. Pesaje promedio del bloque de hormigón.

ANEXO A. FICHA DE OBSERVACIÓN TÉCNICA DEL IMPERMEABILIZANTE

Proyecto: Evaluación comparativa de métodos de impermeabilización de superficies en paredes en edificaciones residenciales.

Muestra: A (Resina Acrílica) / B (Membrana Elastomérica) / C (Cemento Asfáltico)

Sikafill

Característica evaluada	Observación
Tipo de impermeabilizante	Membrana líquida acrílica elastomérica
Estado del envase	Sellado, sin deformaciones ni fugas
Consistencia del producto	Líquido viscoso de fácil aplicación
Número de capas aplicadas	2 capas cruzadas
Tiempo de secado	2 a 4 horas entre capas
Rendimiento por m ²	Aprox. 1,0 a 1,5 kg/m ²
Adherencia al sustrato	Buena adherencia, sin desprendimientos
Observaciones adicionales	Forma una película continua y elástica, resistente a la humedad

Membrana Elastomérica

Característica evaluada	Observación
Tipo de impermeabilizante	Recubrimiento elastomérico
Estado del envase	En buen estado
Consistencia del producto	Líquido espeso y homogéneo
Número de capas aplicadas	2 capas
Tiempo de secado	2 a 4 horas entre capas
Rendimiento por m ²	Aprox. 0,86 a 0,96 kg/m ²
Adherencia al sustrato	Buena
Observaciones adicionales	Presenta flexibilidad, buena cobertura y olor

Cemento Asfaltico

Característica evaluada	Observación
Tipo de impermeabilizante	Impermeabilizante asfaltico
Estado del envase	Correcto
Consistencia del producto	Pastosa y viscosa
Número de capas aplicadas	2 capas
Tiempo de secado	4 a 6 horas entre capas
Rendimiento por m ²	1 kg/m ²
Adherencia al sustrato	Muy buena
Observaciones adicionales	Mayor espesor de recubrimiento y olor

ANEXO B. GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Sikafill

Aspecto	Alto	Medio	Bajo
Facilidad de aplicación	X		
Uniformidad del recubrimiento	X		
Manipulación del producto	X		
Necesidad de mano especializada		X	

Membrana Elastomérica

Aspecto	Alto	Medio	Bajo
Facilidad de aplicación	X		
Uniformidad del recubrimiento	X		
Manipulación del producto	X		
Necesidad de mano especializada		X	

Cemento Asfáltico

Aspecto	Alto	Medio	Bajo
Facilidad de aplicación		X	
Uniformidad del recubrimiento		X	
Manipulación del producto		X	
Necesidad de mano especializada	X		

ANEXO C. FICHA DE REGISTRO EXPERIMENTAL DE ABSORCIÓN DE AGUA

Código	Peso inicial	Peso final	Ganancia de masa	Absorción (%)
CONTROL				
A1	8,02 kg	8,44 kg	0,42 kg	5,24
A2	14,78 kg	15,70 kg	0,92 kg	6,22
A3	15,52 kg	16,34 kg	0,82 kg	5,28
SIKAFILL				
B1	6,94 kg	7,06 kg	0,12 kg	1,73
B2	15,26 kg	15,32 kg	0,06 kg	0,39
B3	15,46 kg	15,64 kg	0,18 kg	1,16
MEMBRANA ELASTOMÉRICA				
C1	6,32 kg	6,40 kg	0,08 kg	1,27
C2	14,70 kg	14,74 kg	0,04 kg	0,27
C3	14,86 kg	14,94 kg	0,08 kg	0,54
CEMENTO ASFALTICO				
T1	6,88 kg	6,96 kg	0,08 kg	1,16
T2	15,84 kg	15,96 kg	0,12 kg	0,76
T3	14,34 kg	14,42 kg	0,08 kg	0,56

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

ANEXO D. FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE FILTRACIONES

Muestra	Humedad visible	Filtración	Tiempo	Observaciones
CONTROL				
A1	Si	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
A2	Si	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
A3	Si	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
SIKAFILL				
B1	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
B2	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
B3	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
MEMBRANA ELASTOMÉRICA				
C1	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
C2	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
C3	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
CEMENTO ASFALTICO				
T1	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo

T2	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo
T3	No	No	60 min	Sin filtracion visible durante el ensayo

ANEXO E. FICHA DE INSPECCIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA SUPERFICIE

Indicador	Ausente	Leve	Moderado	Severo
Eflorescencias	X			
Desprendimiento de recubrimiento	X			
Manchas de humedad	X			
Fisuras superficiales	X			
Alteraciones superficiales	X			

ANEXO F. MATRIZ DE COSTOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO

Producto	Unidad	Precio USD	Rendimiento m ²	Costo por m ²
Resina Acrílica	3,538 kg	25,70	2,95	8,71
Membrana Elastomérica	4,3 kg	31,90	4,74	6,73
Cemento Asfáltico	4 kg	15,80	4	4,95