

Estado del Arte de las Tecnologías Empleadas Para la Detección de Humedades en Instalaciones
Domiciliarias

Santiago Vargas Higuera
Fabián Andrés Lozano Martínez

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director
Juan Carlos Forero Sarmiento
Ingeniero Civil

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga

2021

Tabla de Contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción.....	9
1. Delimitación Del Problema	11
2. Objetivos.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. Justificación	13
4. Antecedentes	14
5. Marco teórico.....	16
5.1 Detección de Patologías de humedades.....	16
5.1.1 Lesiones o Daños por Humedad.	17
5.1.2 Clases de Humedad. Las diferentes clases de humedades que se presentan, son las que se relacionan en la Tabla 1.	19
5.1.3 Tipologías de lesiones o daños en las estructuras características de la humedad.....	21
6. Metodología.....	21
6.1 Tipo y enfoque de la investigación	21
6.2 Alcance de la Investigación	22

6.3 Población y Muestra	22
6.4 Fases del Proyecto	22
7. Revisión Bibliográfica: Identificación de Patologías Estructurales y Tecnologías para su Detección	23
7.1 Planeación de la Revisión	23
7.2 Ejecución de Búsqueda Documental	24
7.3 Patologías Estructurales Por Humedades	25
7.3.1 Humedades Originarias del Interior de la vivienda	25
7.3.2 Humedades Provenientes y originadas por factores Externos a la vivienda.....	27
7.4 Tecnologías Para Detección de Humedades en Instalaciones Domiciliarias	33
7.4.1 Diseño fichas descriptivas de tecnologías para detección de humedades	34
7.4.2 Descripción de Tecnologías para detección de Humedades	35
8. Análisis Comparativo de Tecnologías	47
8.1 Diseño de matriz Comparativa	48
8.2 Desarrollo de Análisis Comparativo de las Tecnologías	49
9. Guía de Patologías y Alternativas de Productos Para su Solución	55
Conclusiones	65
Bibliografía	67

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipo de Humedades	19
Tabla 2. Modelo Ficha Descriptiva Tecnologías para detección de humedades	35
Tabla 3. Descripción tecnología Cámara Termográfica	37
Tabla 4. Tecnología de medida guiada por infrarrojos (IGM)	38
Tabla 5. Medidor Moist 200 Técnica de microondas	39
Tabla 6. Tecnología Microondas Artefactos para medición T600 y T 650	41
Tabla 7. Descripción dispositivo tecnología capacitancia	42
Tabla 8. Descripción Tecnología por Conductividad	43
Tabla 9. Descripción Tecnología de Ultrasonido	44
Tabla 10. Descripción Tecnología de Radar.....	45
Tabla 11. Tecnología destructiva método de secado gravimétrico.....	46
Tabla 12. Descripción Método destructivo utilizando carburo de calcio	47
Tabla 13. Diseño de Matriz Comparativa.....	49
Tabla 14. Determinación de niveles de efectividad.....	49
Tabla 15. Matriz Análisis comparativo de Tecnologías de Detección de humedades	52
Tabla 16. Algunas alternativas para solución de Humedades	57

Lista de Figuras

Figura 1. Causas Directas donde se ubican las lesiones por humedad	18
Figura 2. Tipos y fuentes de la Humedad.	21
Figura 3. Fases para el desarrollo de la investigación.	23
Figura 4. Patología estructural de Mohos por condensación	26
Figura 5. Afectación de estucos y paredes interiores.....	27
Figura 6. Afectación de Muros por Condensación	27
Figura 7. Patología de Eflorescencias en muros de piedra y de ladrillo	28
Figura 8. Criptoflorencias En casa del sector de la Mesa de los Santos	29
Figura 9. Patología de Mohos y Hongos.....	30
Figura 10. Deterioro de concretos.....	30
Figura 11. Fisuras, dilataciones y grietas en Materiales	31
Figura 12. Presencia de Corrosión por Humedad	32
Figura 13. Erosión en Paredes	33
Figura 14. Ejemplo de Humedad por Filtración a causa de goteras en techo con estuco.....	36
Figura 15. Detección de humedad por condensación encontrada en la unión de paramentos....	37
Figura 16. Referencias de lecturas de humedad con tecnología de microondas del Moist 200 .	41
Figura 17. Nivel de Efectividad Tecnologías	50
Figura 18. Cantidad Metodologías con Errores de medición	53
Figura 19. Cantidad de Tecnologías por limitación de distancias de medición	54
Figura 20. Requerimientos de las tecnologías	54

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	Estado del Arte de las Tecnologías Empleadas Para la Detección de Humedades en Instalaciones Domiciliarias
AUTOR(ES):	Santiago Vargas Higuera Fabian Andrés Lozano Martínez
PROGRAMA:	Facultad de Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	Juan Carlos Forero Sarmiento

RESUMEN

A través del presente estudio se realizó un análisis bibliográfico de las principales patologías por humedades que se presentan en instalaciones domiciliarias y las tecnologías empleadas para su detección, realizando su identificación, evaluación y análisis comparativo para establecer factores como sus niveles de efectividad, que limitantes presentaban en el momento de su uso o requerimientos de cada una, que derivó en el desarrollo de una guía práctica que contiene las patologías más comunes y los productos que las solucionan o contrarrestan. La revisión documental se llevó a cabo, utilizando como fuentes de información y referentes, las bases de datos de Scopus y Google Scholar, realizando adicionalmente búsqueda de documentación alterna y relevante, obteniendo 14 artículos que se convirtieron en la base para desarrollar los objetivos propuestos y estructurar el estado del arte de las tecnologías empleadas para la detección de humedades en instalaciones domiciliarias. Como resultados, se hallaron 13 patologías estructurales ocasionadas por los diferentes tipos de humedades y 11 tecnologías que pueden ser aplicadas para detección de humedades, dentro de las cuales, según el análisis comparativo, el 36% tiene un nivel de efectividad alto, pero no todas pueden ser aplicadas en viviendas por factores como costo-beneficio o requerimientos de conocimientos y/o manejo de la tecnología por expertos. Para el diseño de la guía, se validaron diferentes plataformas de mercados e-commerce donde se ubicaron 16 productos que fueron utilizados como referentes, para señalar las alternativas de soluciones que se pueden encontrar hoy en día.

PALABRAS CLAVE:

Patologías, humedades, tecnologías, detección, viviendas, edificaciones

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: State of the Art of the Technologies Used for Moisture Detection in Household Installations

AUTHOR(S): Santiago Vargas
Higuera Fabian Andrés
Lozano Martínez

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Juan Carlos Forero Sarmiento

RESUMEN

Through this study, a bibliographic analysis of the main pathologies caused by dampness that occur in domestic installations and the technologies used for their detection was carried out, identifying, evaluating and comparatively analyzing them to establish factors such as their levels of effectiveness, their limitations at the time of their use or the requirements of each one, which led to the development of a practical guide containing the most common pathologies and the products that solve or counteract them. The documentary review was carried out using the Scopus and Google Scholar databases as sources of information and references, also searching for alternative and relevant documentation, obtaining 14 articles that became the basis for developing the proposed objectives and structuring the state of the art of the technologies used for the detection of dampness in domestic installations. As results, 13 structural pathologies caused by the different types of dampness and 11 technologies that can be applied for dampness detection were found, within which, according to the comparative analysis, 36% have a high level of effectiveness, but not all of them can be applied in homes due to factors such as cost-benefit or knowledge requirements and/or technology management by experts. For the design of the guide, different e-commerce market platforms were validated where 16 products were located and used as references to point out the alternative solutions that can be found today.

KEYWORDS:

Pathologies, humidity, technologies, detection, homes, building

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

Todas las edificaciones están expuestas a daños estructurales de diferentes índoles, entre estos, las lesiones que son causadas por las variadas tipologías de humedades, que pueden darse por causas desde los mismos procesos constructivos, hasta factores y situaciones inesperadas.

Las instalaciones domiciliarias al igual que cualquier otra construcción pueden verse afectadas por cinco tipos de humedades que serán definidas en el desarrollo de este documento, como son las humedades de construcción o de obra, humedades de condensación, humedades por filtración, humedad accidental o humedad por capilaridad (Pipirate, 2017); cuando algún tipo de estas humedades se presenta y se forma un ambiente de humedad que supera los niveles aceptables de los elementos, provoca que estos empiecen a desarrollar diversas patologías que deben detectarse y ser tratadas en su debido momento, pues de lo contrario derivaran en la necesidad de realizar procesos de intervención, rehabilitación y saneamiento mucho más complicados y costosos.

Las lesiones por humedades no solo afectan nocivamente a los concretos en las paredes y pisos, en situaciones agravantes, pueden afectar también elementos de relevancia estructural, como son los de madera que sufren putrefacción, o metales que tienden a sufrir procesos de oxidación y corrosión, acabados y revoques de yeso o cerámicos que sufren erosiones, disminuyendo sus propiedades físico-mecánicas poniendo en peligro el conjunto estructural de la vivienda.

Por lo anterior, es de gran importancia iniciar los tratamientos de humedades mediante un correcto diagnóstico y para ello se requiere la localización puntual del origen de la humedad y determinar la causa.

A raíz de la identificación de esta problemática, se genera la motivación de realizar este estudio, donde se utiliza una metodología con enfoque cualitativo y una investigación teórica de tipo descriptiva, basada en una revisión documental y bibliográfica que es el fundamento referencial para constituir el estado del arte sobre las patologías de humedades y las tecnologías empleadas para su detección en instalaciones domiciliarias.

El documento está estructurado a través de cuatro fases, donde inicialmente se establece la planeación y ejecución de la revisión documental, que deriva en la identificación de 13 patologías originarias de los diferentes tipos de humedades, en la segunda etapa se diseña y diligencian fichas descriptivas de las tecnologías para detección de humedades identificadas en los documentos analizados, realizando en la tercera fase un análisis comparativo de estas, para determinar niveles de efectividad, limitantes y requerimientos, y finalmente en la última fase, se estructura una guía, relacionando puntualmente las patologías más comunes y los productos ofertados actualmente en el mercado para solucionarlas o contrarrestarlas.

1. Delimitación Del Problema

Una de las problemáticas más comunes en las viviendas colombianas, son las afectaciones por humedades, que en ocasiones se pueden detectar a simple vista, pero en otras, los signos y causas pasan desapercibidas y no se manifiestan sino cuando ya el daño es de mayor gravedad.

Colombia posee una posición geográfica que lo hace muy susceptible a afectaciones por cambios climáticos, lo que se ha profundizado con las alteraciones atmosféricas de los últimos años que han presentado periodos de lluvias prolongados (Portafolio, 2017) estableciendo predisposiciones para que en las unidades habitacionales domiciliarias surjan tipos de daños estructurales causados por humedades, volviéndose esto más crítico, en la medida que algunos grupos poblacionales, tienen tendencia a establecer sus viviendas en zonas de riesgo, suelos inundables y, suelos inestables en sierras altas (Portafolio, 2017).

Pero el clima colombiano no es el único factor determinante en las afectaciones por humedades en viviendas, existe muchas causales para su aparición, que pueden ser por problemas internos, como consecuencia de obras que se estén realizando junto a la vivienda o por algún factor de otro apartamento en los casos de propiedad horizontal, que por filtraciones, fracturas y daños en la calidad de las placas, ocasionan los daños por humedad en las otras unidades habitacionales (Pabón, 2008).

Para todos los casos, es importante conocer procedimientos y técnicas que permitan detectar cualquier tipo de humedad, por lo cual la problemática planteada en este estudio, está referida a determinar tecnologías que se puedan emplear en el momento de desarrollar un diagnóstico estructural en la detección de humedades, teniendo en cuenta las patologías causantes.

Por lo que la pregunta investigativa que soportará la problemática es ¿Cuáles son las tecnologías que se están empleando actualmente para desarrollar procesos de detección de humedades en instalaciones domiciliarias y las posibles soluciones o métodos para mitigar el daño?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Investigar y evaluar las diferentes tecnologías empleadas para la detección de humedades en instalaciones domiciliarias, teniendo en cuenta las patologías que causan dichas humedades en las edificaciones, con el fin de desarrollar una guía que contenga los casos más comunes y las alternativas de solución que se pueden encontrar en el mercado actualmente.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión bibliográfica con el fin de conocer e identificar las patologías estructurales que se presentan por causa de la problemática de las humedades y las diferentes tecnologías empleadas para su detección en instalaciones domiciliarias, realizando una descripción detallada de cada una de ellas.
- Desarrollar un análisis comparativo de las diferentes tecnologías halladas para establecer su efectividad, limitantes de uso y los requerimientos que se tienen al respecto.
- Desarrollar una guía que contenga las patologías más comunes y las alternativas con los productos existentes actualmente en el mercado para evitarlas y/o contrarrestarlas.

3. Justificación

El nivel de crecimiento poblacional tanto urbano como rural, trae consigo igualmente necesidades de vivienda apremiantes, y en ocasiones estas edificaciones, ya sea por afán, falta de suficientes recursos económicos o por intereses mal sanos, se construyen sin la calidad idónea, realizando los procesos constructivos sin estudios de suelos, sin un diseño adecuado, materiales de baja calidad o muchas veces direccionamientos no adecuados, lo que se traduce en edificaciones en las que se presentan patologías diversas, tanto por un desgaste más acelerado, como patologías por humedades, al no tener en cuenta el nivel freático en el diseño de las cimentaciones, exponiendo a las edificaciones a que se les presenten humedades por capilaridad, las características de humedad propias del terreno y la zona, que ocasionan humedades por condensación, o la incorrecta postura de las tuberías internas que derivan en humedades por filtraciones.

El inconveniente que se presenta a nivel de daños en las estructuras característicos de la humedad, no solo afecta económicamente, sino también la salud de los habitantes de la edificación; Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) , en su guía publicada en el 2009 sobre la calidad del aire en interiores, la humedad puede traer consigo la presencia de agentes biológicos, produciendo microbios como el moho, hongos y bacterias que expelen esporas, células, fragmentos y elementos orgánicos aéreos, auspicia llegada de cucarachas y roedores que junto con los hongos son fuente de alérgenos y mico toxinas que pueden llegar a ser carcinógenas, además, que al haber presencia de humedad, se degradan química y biológicamente los materiales constructivos pasando a ser contaminantes del aire también (OMS, 2009).

La problemática de humedad en las viviendas es muy común y en ocasiones degrada tanto los materiales, que pueden provocar el colapso y derrumbe de las edificaciones, por lo que se justifica

revisar, estudiar y analizar los estudios previos realizados por expertos y profesionales y resulta relevante explorar y evaluar las diferentes tecnologías empleadas para la detección de humedades derivadas de las diferentes patologías, con el fin de realizar aportes significativos desde lo académico, en la presentación de soluciones y estrategias de mejora a la problemática, para que sirvan de apoyo a futuros estudios de campo en la materia.

Adicionalmente, este estudio aportará a los estudiantes, conocimientos básicos, para que, en el desarrollo de la carrera profesional en su futuro, ejerzan buenas prácticas laborales y contribuyan a la edificación de unidades habitacionales con altos niveles de calidad y seguridad para sus habitantes.

4. Antecedentes

Entre los estudios encontrados sobre patologías y tecnologías para detección de humedades que se toman como antecedentes, se relacionan lo siguientes:

A nivel internacional, en cuanto al tema de patologías, se encuentra el estudio chileno *patologías en la edificación de viviendas sociales, especialmente con la humedad*, desarrollado para la universidad Austral de Chile en el 2004, donde la autora realiza una revisión bibliográfica sobre las patologías presentes en las viviendas chilenas, sobre todo las concernientes a la humedad, haciendo un recuento de los diferentes tipos de humedad que se presentan, realizando el diagnóstico de la situación de las viviendas en cuanto a estabilidad, habitabilidad y grado de afectación de las patologías, exponiendo las causas y concluyendo que la presencia de dichas patologías, se debía mayormente a la falta de competencias laborales en el recurso humano que fue asignado a la construcción de la vivienda (Muñoz, 2004).

En la universidad politécnica de valencia, presentaron como trabajo de fin de grado, el documento denominado *Humedades en edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas*, donde el autor indicó como objetivo, el estudio y determinación de los diferentes tipos de humedades y la presentación de varias técnicas para la identificación y tratamiento de los tipos de humedades, en el cual hizo un recuento desde las primeras prácticas hasta la fecha del estudio, mostrando las evoluciones e influencia de las innovaciones tecnológicas en la temática, descubriendo muchos estudios en marcha y en fases experimentales que allanan el camino hacia futuras mejoras, pudiendo exponer y describir en qué consisten y cómo funcionan cada una de ellas, indicando que el desarrollo investigativo le apporto conocimientos técnicos y una visión más amplia de la finalidad de la arquitectura y la edificación (Pipirate, 2017).

Los autores Rosa Agliata, Roberto Greco, Luigi Mollo, realizaron publicación del artículo *Mediciones de humedad en mamposterías patrimoniales: una revisión de las técnicas actuales*. En este artículo presentaron una descripción de las prácticas de medición de humedades utilizadas para la fecha, donde examinaron técnicas que no fueran destructivas ni invasivas aplicables a la medición de contenidos de agua presentes en materiales constructivos, con el fin de presentar desarrollos de sensores que no afecten las superficies de las paredes (Agliata, Greco, & Luigi, 2018).

A nivel nacional, en el año 2018, la profesora Mónica Jiménez, desarrolló para la Universidad Cooperativa de Colombia, el documento *Patología de la Construcción Diagnóstico de humedades e intervención*, como una guía práctica y académica, cuyo objetivo fue presentar una propuesta metodológica para llevar a cabo estudios patológicos de daños por humedad, donde realizó la identificación de los diferentes tipos de humedades y determinó procedimientos funcionales en la detección de humedades en las estructuras (Jiménez, 2018).

En la universidad Santo Tomas, se encuentra el documento *Estudio Patológico Por Humedades En Los Muros Exteriores E Interiores En Las Casas Que Conforman El Conjunto Residencial Guazuca En El Municipio De Guasca*, donde el autor enfoca su estudio en las viviendas de un conjunto residencial de Cundinamarca para adelantar un análisis y diagnóstico de las lesiones causadas por humedad. En este estudio el autor pudo determinar las patologías y lesiones presentadas por humedad a través de la aplicación de diferentes pruebas y métodos, permitiéndole adelantar acciones de reparación (Ardila, 2019).

Los estudios presentados referentes a las tecnologías para detección de humedades e investigaciones sobre patologías de humedades, aportar información que sirve como base y partida de inicio para el presente estudio, pues aportan referencias históricas, conceptuales y metodológicas que contribuyen al desarrollo estructural del presente documento.

5. Marco teórico

5.1 Detección de Patologías de humedades

La detección de humedades es una actividad que se puede enmarcar dentro del proceso de la patología constructiva, que la autora Mónica Jiménez, define como el “estudio de las enfermedades de la construcción” (Jiménez, 2018).

Etimológicamente la palabra patología, proviene de los términos griegos *Pathos*, que significa enfermedad y *logos* que se refiere a estudio, por lo que, en el área de la ingeniería, se puede traducir en el estudio de las causas, sintomatología y aparición de enfermedades causantes de daños estructurales.

En esta especialidad de la construcción, se llevan a cabo una serie de acciones que permiten realizar diagnósticos acertados sobre las estructuras afectadas por diferentes tipos de factores, actividades que pasan desde el establecimiento de los antecedentes clínicos de las estructuras, hasta la definición de las acciones preventivas y de intervención que hayan que realizarse, por lo que dentro de estas, se encuentra la detección de humedades, requiriendo identificar los tipos de daños o lesiones característicos de la humedad y las tecnologías idóneas para la respectiva detección.

5.1.1 Lesiones o Daños por Humedad. Las lesiones son las manifestaciones que se presentan en los materiales constructivos de las estructuras y que se determinan según la tipología del daño (**Jiménez, 2018**).

En el caso de las lesiones por humedad, estas son lesiones físicas, que pueden afectar tanto paredes exteriores como interiores, y pueden visualizarse o no rápidamente. Estas lesiones se manifiestan cuando, en los materiales o elementos constructivos se registra un nivel de humedad más elevado de lo que puede soportar, traduciéndose en cambios de sus características físicas, que pueden ser desde una simple mancha hasta goteamiento de agua (Ardila, 2019).

5.5.1.1 Causas de las Lesiones por humedad. Las causas son los factores que determinan la aparición de la lesión, que pueden ser directas, cuando el factor produce directamente el daño o indirectas cuando los factores se presentan por circunstancias relacionadas con los diseños o procedimientos constructivos (**Jiménez, 2018**).



Figura 1. Causas Directas donde se ubican las lesiones por humedad

Fuente: Tomado de Guía Práctica-Académica Patología de la Construcción Diagnóstico e intervención de humedades (Jiménez, 2018)

Teniendo en cuenta la *Figura 1*, las causas más comunes para que una vivienda sea afectada por la humedad, pueden ser por la filtración de aguas lluvias hacia el interior de esta, a través de grietas o fisura, tejas en mal estado, uniones sanitarias mal selladas, deterioro de las tuberías, nivel freático del suelo que soporta la edificación y otras condiciones físicas del ambiente.

Por nivel freático según Vásquez citado en (Ardila, 2019), se entiende que es el nivel superior de la zona saturada, en el cual el agua contenida en los poros se encuentra sometida a la presión atmosférica (pág. 31).

5.1.2 Clases de Humedad. Las diferentes clases de humedades que se presentan, son las que se relacionan en la Tabla 1. Tipo de Humedades.

Tabla 1. Tipo de Humedades

Tipo de Humedad	Descripción	Causas
Capilaridad	La capilaridad referida en esta temática, es la característica de los fluidos para alcanzar ciertas alturas, contrarrestando la fuerza de gravedad para subir o bajar en el interior de un tubo de tamaño limitado; por lo cual, la humedad por capilaridad, es cuando aguas subterráneas suben por el tubo capilar, alcanzando las paredes de una vivienda y llevando consigo sales y minerales que se van evaporando y cristalizando, quedándose incrustadas en las paredes y al llegar estas a su límite de aguante, empiezan a presentar los daños como manchas, descascaramientos y hasta desmoronamientos (Vivienda Saludable, 2019). Este tipo de humedad se presenta mayormente en lugares que tienen contacto directo con el suelo: garajes sótanos, plantas bajas.	Cimentaciones de mala calidad, drenajes defectuosos, aproximación al nivel freático, saturación de aguas lluviosas, fracturas internas de instalaciones subterráneas, errada o falta de impermeabilización.
Filtración	Esta humedad es la que se genera cuando penetra agua del exterior al interior de la vivienda, a través de los techos, fachadas, muros o cuando se presentan fugas de agua de tubos internos (Acuasec, 2020)	Tuberías internas de agua rotas, ausencia de mamparas, aleros, impermeabilización de muros, falta de canaletas y bajantes o que estén en mal estado o saturadas de basura, tejas rotas, dilataciones y fisuras de muros.
Condensación	Esta surge del mismo interior de la vivienda cuando se presentan cambios de temperaturas por las actividades propias de habitabilidad (baños, cocina, transpiraciones), haciendo que se acumulen gotas de vapor de agua en las superficies (Ardila, 2019).	Áreas muy cerradas, incorrecta ventilación.
Accidental	Este tipo de humedad se produce cuando se presentan fracturas o	Movimientos sísmicos, movimientos del terreno,

	fisuras en tuberías e instalaciones de agua (Blateam, 2018).	instalaciones erradas, materiales de mala calidad.
Obras y construcción	Este tipo de humedad es la resultante de los propios procesos constructivos y las características de las materias primas que requieren ciertos niveles de agua y humectación, pero que al errar en porcentajes, deriva en materiales con resistencias bajas y por consiguiente presencia de humedades (Ardila, 2019).	Error en los procesos constructivos, utilización de materiales incorrectos, recurso humano no calificado
Medioambientales	Las humedades que se presentan por las características propias de viento y humedad de la zona donde esté ubicada la edificación. Las viviendas de playas y montañas son susceptibles de sufrir este tipo de humedad y no por fallas propias de la vivienda si no por factores externos como la alta fluvialidad y las sales marinas que se adhieren a los elementos constructivos transportados por el viento (Acuasec, 2020).	Factores ambientales externos a la vivienda.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recopilada en la revisión bibliográfica.

En la Figura 2, se puede apreciar gráficamente los tipos de humedad descritos.

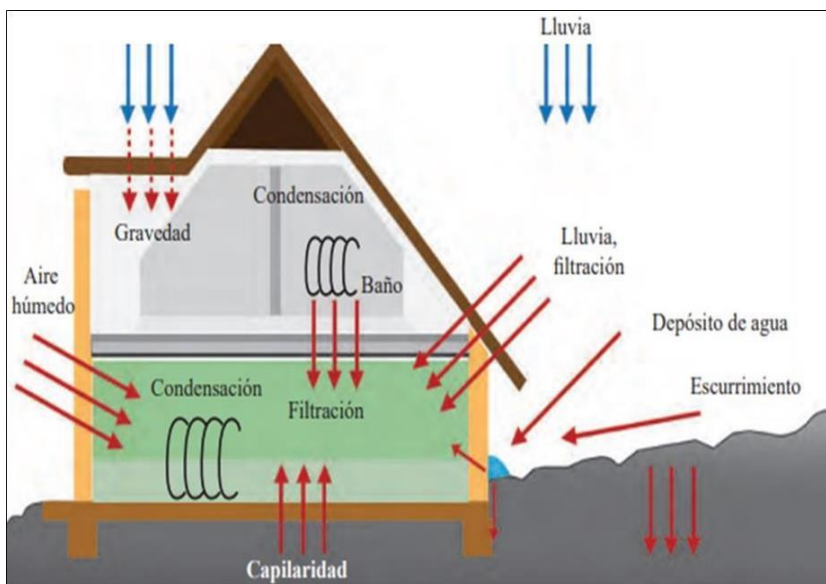


Figura 2. Tipos y fuentes de la Humedad.

Fuente: Tomado de Reparación de humedades (Univalle, 2016)

5.1.3 Tipologías de lesiones o daños en las estructuras características de la humedad. Las lesiones o daños en los materiales constructivos causados por humedad, se presentan de acuerdo al tipo de humedad y pueden ser: aparición de hongos y mohos, averías y desprendimientos de revestimientos y acabados de muros (yesos, estucos, madera, cerámicos), afectación a aceros de refuerzos, erosión, desmoronamiento de ladrillos y estructuras de hormigón y aparición de eflorescencias, que son manchas de color blanco que representan la acumulación de diferentes tipos de cristales de sales que van carcomiendo poco a poco las superficies (**Ardila, 2019**).

6. Metodología

6.1 Tipo y enfoque de la investigación

El estudio que se plantea, tendrá un enfoque cualitativo y será investigación de tipo descriptiva, que se basará en la revisión y análisis de documentación existente para crear el estado del arte fundamentado en las experiencias, artículos de expertos y estudios universitarios.

Este tipo de investigaciones pretende fomentar un entendimiento más profundo de fenómenos, orientándose por el aprendizaje a partir de la captura de experiencias y prácticas previas, la evaluación de desarrollos sobre la materia y la generación de observaciones que se fundamenten desde la percepción de los investigadores (Sampieri, 2014).

6.2 Alcance de la Investigación

Este proyecto, se delimitará por la creación de un estado del arte a partir de una investigación teórica y bibliográfica de tecnologías para la detección de humedades en instalaciones domiciliarias, partiendo de las patologías que causan dichas humedades y la realización de una descripción y análisis detallado de la eficacia, requerimientos y limitaciones de cada una de las tecnologías identificadas.

6.3 Población y Muestra

La población para el desarrollo de este proyecto, serán todos los documentos y artículos que se hallen en las bases de datos que se utilicen para la revisión y que contengan documentación acerca de la temática. Se hará revisión de bases de datos como Springer Link, Scielo o aquellas a las que se obtenga acceso a través de la institución y que su contenido pueda aportar documentos relevantes.

La muestra se obtiene una vez que se realiza lectura, análisis y evaluación de los documentos arrojados por las bases de datos, utilizando el descarte mediante la aplicación de criterios de exclusión e inclusión para separar los que aporten al desarrollo de los objetivos planteados y contengan datos significativos para el tema, por lo cual es de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que se trata de que tan convenientes, accesibles y cercanos son los datos encontrados para este estudio (Otzen & Manterola, 2017).

6.4 Fases del Proyecto

En la *Figura 3* se describen las fases planteadas para el estudio, con sus respectivas actividades.

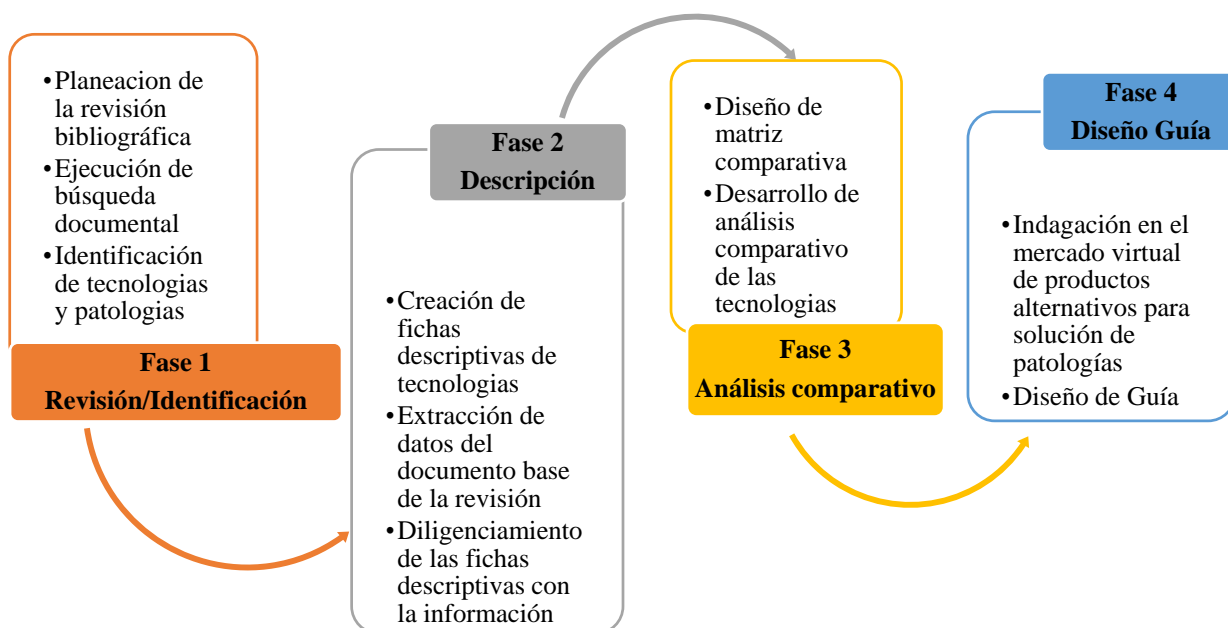


Figura 3. Fases para el desarrollo de la investigación.

7. Revisión Bibliográfica: Identificación de Patologías Estructurales y Tecnologías para su Detección

7.1 Planeación de la Revisión

Para el cumplimiento del objetivo de revisión e identificación se requiere planear previamente el proceso para ejecutar la búsqueda en las bases de datos y que esta sea acertada, logrando el análisis y la sintetización de los diferentes datos existentes sobre la temática.

En la planeación se define la terminología que se aplicará en las bases de datos, se determina el campo y el periodo de búsqueda, la selección de las fuentes, se diseña una plantilla donde se

delimitan los estudios según los criterios que se apliquen y se extrae la información requerida y más relevante para la investigación (Gómez et al. 2014).

En este caso, el campo de búsqueda se establece a través de los términos que se utilizarán y que estén relacionados con la temática, siendo estos: patologías, tecnologías, detección, humedades, instalaciones, domiciliarias o sus sinónimos posibles, y para el periodo de búsqueda, se tendrán en cuenta los estudios llevados a cabo durante la última década.

7.2 Ejecución de Búsqueda Documental

En cuanto a la selección de las fuentes, en la fase metodológica se había propuesto revisión de las bases de datos Springer Link y Scielo, pero al realizar la primera ejecución de búsqueda no se logró hallar documentación en estas bases que se relacionara específicamente con la temática de estudio aquí planteada, por lo que se realizó búsquedas alternativas en la base de datos Scopus, Google Scholar y el buscador general web de Google. En dichas búsquedas se seleccionaron 19 documentos y artículos que contenían en su título, palabras clave o abstract algún término relacionado con el estudio o similitud con la temática, para luego realizar una lectura más detallada de su contenido realizando un segundo filtro y obteniendo 14 documentos y artículos para estructurar el estado del arte de las tecnologías empleadas para la detección de humedades en instalaciones domiciliarias.

El contenido completo de los documentos y artículos revisados y seleccionados se puede examinar en el archivo adjunto a este documento en formato de Software excel etiquetado como Apéndice A. Artículos Estado del Arte Patologías y Detección Humedades.

7.3 Patologías Estructurales Por Humedades

Las instalaciones domiciliarias y en general cualquier tipo de edificación, puede verse afectada por múltiples factores causados por la exposición y el contacto directo o indirecto con el agua, ocasionando daños estructurales que influyen no solamente en los niveles estéticos, sino también la seguridad habitacional, por lo que es de gran relevancia determinar cuáles son las posibles patologías y daños estructurales que son causados por los diferentes tipos de humedades y contribuir a determinar diagnósticos acertados y convenientes que eviten problemáticas más graves a futuro en una vivienda.

El agua y por consiguiente la humedad, es la principal causa de detrimentos en las viviendas, por tanto, se deben precisar los tipos de patologías mediante la identificación de las clases de humedades según las sintomatologías que presenten las estructuras. Siendo así, para relacionar las patologías estructurales por humedad, se tendrá en cuenta en primer lugar la procedencia de la humedad y luego los tipos de humedades que las causan.

7.3.1 Humedades Originarias del Interior de la vivienda

Estas humedades son básicamente las que se presentan por fugas de instalaciones y por condensaciones, las primeras tienen efectos directos sobre las estructuras y se localizan de manera sencilla en la mayoría de los casos, pero las fugas de saneamiento horizontal requieren controles y detecciones pues pueden derivar en afectaciones mayores de cimentaciones y a largo plazo provocan escaños diferenciales por lavado de áridos; Las humedades por condensaciones se presenta cuando se sobrepasa el nivel de vapor de agua en el entorno interior de una domicilio por falta de porosidad de los paramentos, suelos y acabados del inmueble que no permite expeler el exceso (Cañada, 2016). Este último tipo de humedad, también se produce cuando la temperatura de algún componente

(pared, pilar, vidrio, etc.) es menor al nivel de rocío del ambiente, evidenciándose físicamente dos formas: superficial e intersticial (Rivera, 2012), siendo esta última difícil de detectar por lo que se manifiesta al interior de las capas de las estructuras.

Las siguientes son las patologías estructurales que se presentan por fugas, condensaciones o humedades accidentales:

- Anidaciones de hongos, mohos y *Aspergillus* que se manifiestan en manchas oscuras en todas las superficies de la vivienda afectadas (Cañada, 2016) (Ardila, 2019), como se evidencia en la Figura 4.



Figura 4. Patología estructural de Mohos por condensación

Fuente: Recomendaciones Para La Prevención Y Solución De La Humedad Por Condensación En Viviendas (Rivera, 2012)

- Afectación y daños de estructuras sensibles, revestimientos y acabados de muros: maderas, yesos, estucos, cerámicos etc. (Ardila, 2019).



Figura 5. Afectación de estucos y paredes interiores

Fuente: Recomendaciones Para La Prevención Y Solución De La Humedad Por Condensación En Viviendas (Rivera, 2012)

- Afectación de muros perimetrales, afectándose la superficie interior por efectos de la condensación (Fernández, 2018)

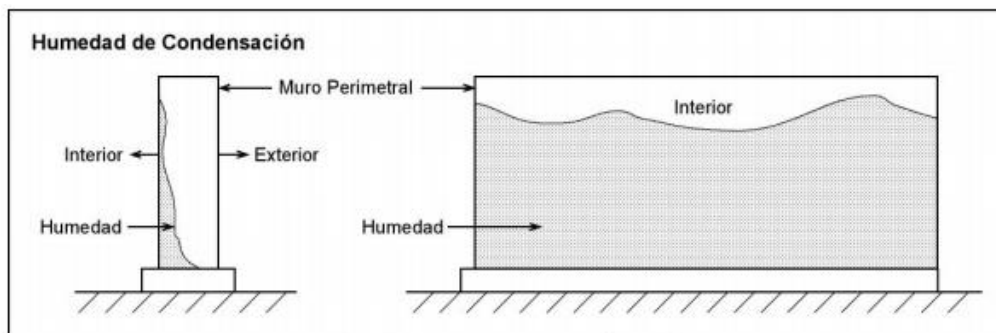


Figura 6. Afectación de Muros por Condensación

Fuente: Tomado de Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones (Fernández, 2018)

7.3.2 Humedades Provenientes y originadas por factores Externos a la vivienda

Este tipo de humedades son las que se producen por influencias de aguas externas que generan patologías según la dirección del empuje de los líquidos, teniendo empujes horizontales por contenidos hídricos del terreno y cercanías con niveles freáticos o empujes verticales que son las humedades por capilaridad, si se da de forma ascendente, o goteos de forma descendente (Cañada,

2016); También se puede hacer referencia a las humedades provenientes por factores medioambientales), filtraciones y propias del tratamiento dado a los materiales en la obra y construcción.

Las patologías que se presentan en la mayoría de viviendas se adjudican a humedades por capilaridad, apreciándose los daños en elementos constructivos y estructurales (Rojas, 2018).

Las patologías estructurales que provocan estas humedades suelen ser:

- Eflorescencias: Representadas en manchas generalmente de color blanco, que registran en fachadas y muros tanto exteriores como interiores de las viviendas, cuyo contenido son sales cristalizadas que estaban contenidas en los materiales desde donde fueron arrastradas por la humedad y surgieron una vez se evaporó el agua (Fernández, 2018).

Las manifestaciones de esta patología se presentan regularmente en pisos de hormigón, pisos cerámicos, en ladrillos, muros de piedra y de ladrillo, revoques etc. (Ardila, 2019); Esta afectación se puede acrecentar si en el proceso constructivo se mojaron los materiales o se utilizaron elementos con altos contenidos de sales solubles.

En la Figura 7 se puede evidenciar esta patología en muros de piedra y paredes de ladrillos.



Figura 7. Patología de Eflorescencias en muros de piedra y de ladrillo

Fuente: Tomado de Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones (Fernández, 2018) y Mitigación De La Humedad Por La Capilaridad Del Suelo Para 57 Viviendas En El Municipio De San Juan De Rio Seco Cundinamarca Jurisdicción De Cambao (Bermudez & Tabares, 2015).

- Criptoflorencias: Esta patología consiste en la cristalización de las sales pero que se produce en espacios más cercanos a la superficie de los elementos, produciendo desprendimientos de revestimientos, hinchazón y descascaramiento de los materiales (Pipirate, 2017). Puede considerarse de mayor precaución por ser más destructivas, ya que se evidencian una vez ya se ha empezado a destruir el material (Fernández, 2018).



Figura 8. Criptoflorencias En casa del sector de la Mesa de los Santos

Fuente: Propia

- Mohos y Hongos: Otra de las patologías causadas por este tipo de humedades son también los organismos parasitarios que debido a factores como ventilación y temperaturas aumentan su proliferación (Rojas, 2018). En la se evidencia la presencia de estos organismos en una pared a causa de la humedad por capilaridad.



Figura 9. Patología de Mohos y Hongos

Fuente: Tomada de (Guach, 2020).

- Degradación de concretos: Por efectos de los elementos atmosféricos, que se trasladan al concreto por vía líquida o a vapor, produciéndose esta patología mayormente en viviendas cercanas a ambientes marinos, donde las concentraciones de cloruros, forma depósitos salinos en las superficies de los elementos de concreto degradándolo (Rojas, 2018).



Figura 10. Deterioro de concretos

Fuente: Tomada de (Alario, 2021).

- Grietas, Fisuras, Dilataciones: Cuando la afectación por humedad ha alcanzado niveles graves, los materiales pueden presentar dilataciones, fisuras o grietas, mayormente en

cubiertas, tejados o muros de sótanos, sobre todo a raíz de humedad por filtraciones (Ingenieros Asesores, 2020).



Figura 11. Fisuras, dilataciones y grietas en Materiales

Fuente: Tomado de (Elizondo, 2021)

- Putrefacción de acabados en madera: Esta patología surge esencialmente por que la humedad capilar aborda los materiales desde la parte baja o suelos de las viviendas, por lo que afecta todos los acabados que se encuentren en inmediación de esto; Componentes como guarda escobas, marcos y terminaciones de pisos de madera pueden verse afectados (Fernández, 2018).
- Corrosión: Esta patología también se puede presentar por humedades de condensación, fugas y filtraciones, afectando los elementos metálicos; La humedad por capilaridad influye en esta patología al conjugarse las sales minerales contenidas en esta, con los componentes metálicos, lo que provoca su deterioro mediante la oxidación o al estar en contacto directo con el líquido por periodos prolongados (Rivera, 2012).



Figura 12. *Presencia de Corrosión por Humedad*

Fuente: Tomada de (Cortes & Perilla, 2017)

- Afectación de Juntas y Uniones adhesivas: El material se degrada y destruye por influencia de la humedad (Grob & Geib, 2018).
- Manchas en la parte baja de paredes cerramientos y forjados: Causadas por humedades derivadas del proceso constructivo en los materiales que se confunden con procedencias de humedades del suelo o humedades por condensación (Pipirate, 2017).
- Presencia de Líquenes en Fachadas, patios y alrededores de la vivienda: Se combinan algas y hongos creándose una base para la proliferación de vida vegetal en las estructuras de la vivienda (Pipirate, 2017).
- Erosión: Las humedades por filtraciones o por capilaridad pueden socavar los concretos generando erosión en las paredes, como consecuencia de los cambios moleculares de los materiales pétreos en presencia del agua y las sales (Cortes & Perilla, 2017).



Figura 13. *Erosión en Paredes*

Fuente: Tomada de (Cortes & Perilla, 2017)

7.4 Tecnologías Para Detección de Humedades en Instalaciones Domiciliarias

Proteger las estructuras de las instalaciones domiciliarias, contribuir al mejoramiento de su vida útil y mantener su conservación, es uno de los principales objetivos a los que se enfrentan los actores de la ingeniería civil, arquitectónica y constructiva, por lo cual estudiar y analizar los efectos y deterioros que causa el agua sobre las construcciones requiere en primera instancia, identificar las manifestaciones que se producen por su presencia, para efectuar una correcta diagnosis patológica mediante el uso de tecnologías efectivas que las detecten , realizar una clasificación del tipo de patología y seleccionar la alternativa más adecuada para contrarrestar o solucionar la problemática (Cañada, 2016).

Realizar un estudio patológico de las humedades de una vivienda requiere de unas etapas claves que llevaran a determinar el tipo de humedad y sus posibles soluciones (Jiménez, 2018):

1. Observación: En el momento que las humedades se vuelven visibles, se puede hacer observación de los cambios físicos de los elementos donde registra la afectación, cambios de temperatura, colores, texturas, formas. Esta etapa requiere visitas, registro de imágenes, seguimientos de la afectación, validación de tipos y características de elementos y estructuras

colindantes, los planos de la vivienda, especificaciones del diseño y localizaciones y especificaciones de tuberías, accesorios, cajas, puntos de bombeo, etc. (Jiménez, 2018).

2. Recolección de datos: Identificar y describir la localización del área afectada, detallando todos los síntomas presentes, siendo en esta etapa donde se requerirá el uso de las tecnologías de detección de humedades para descubrir el origen de la afectación.

3. Análisis de resultados obtenidos: Aquí se determina el diagnóstico que estará asociado a cambios de volumen, expansión, contracción, cambios de temperatura, flexiones, erosiones causadas por humedad. Según los resultados obtenidos, se debe registrar un nivel de gravedad de las afectaciones, porque de ello dependerá las propuestas de soluciones e intervenciones, que pueden llegar a ser desde actividades de corrección y mantenimiento, hasta nuevas construcciones y ejecución de mejoras (Jiménez, 2018).

4. Establecer Alternativas de solución: Estas alternativas deben en primera instancia eliminar el foco de origen de la humedad y luego realizar las correcciones al entorno afectado o deteriorado.

Para la detección de humedades en instalaciones domiciliarias, se utilizaba anteriormente el método convencional de toma de muestra de los materiales para ser analizados en laboratorios, lo que significaba destruir las estructuras y aumentar los gastos de reparación posterior, siendo esta la única opción que podía ser utilizada para determinar humedades en las estructuras de viviendas (Fernández, 2018), pero con los avances tecnológicos de las últimas décadas, han desarrollado metodologías innovadoras que no son destructivas y por el contrario generan diagnósticos más rápidos y eficaces.

7.4.1 Diseño fichas descriptivas de tecnologías para detección de humedades

Actualmente se encuentran varias tecnologías que pueden ser utilizadas para la detección de humedades, las cuales se relacionan a través de fichas descriptivas, que contienen los datos más

relevantes como sus capacidades, especificaciones, limitantes y requerimientos; el modelo de la ficha diseñado se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. *Modelo Ficha Descriptiva Tecnologías para detección de humedades*

Tecnologías Detección de Humedades
Nombre de la Tecnología
Técnica
Capacidades/Efectividad
Especificaciones
Limitantes
Requerimientos
Imagen (Si se dispone)

Fuente: Elaboración Propia

7.4.2 Descripción de Tecnologías para detección de Humedades

En primer lugar se describirán las tecnologías más avanzadas que utilizan técnicas no destructivas, es decir, las que no requieren toma de muestras físicas de los materiales constructivos para determinar si hay o no humedad, ya que emplean dispositivos que se manejan sobre superficies, teniendo como limitante principal esta tecnología, que no se puede determinar valores totalmente exactos, ya que no pueden medir niveles de salinidad contenida en los materiales (Pipirate, 2017).

7.4.2.1 Tecnología con técnica de Termografía

Estas tecnologías utilizan cámaras térmicas, que en el campo de la construcción sirven como herramienta de validación no destructiva de los materiales y las viviendas, para detectar y evitar afectaciones graves que pueden ser ocasionadas por las humedades (Cabeza, 2014).

La legislación y normas constructivas son cada vez más exigentes y esta tecnología puede ser muy eficiente para diagnosticar y controlar cualquier tipo de deficiencias térmicas en los aislamientos o puentes y en las fallas que se presenten por humedades.

Esta tecnología identifica las humedades a través de la detección de diferencias de temperatura, que se causa cuando el líquido absorbe energía térmica en el proceso de evaporación, haciendo que la zona con humedad presente temperaturas inferiores a las de su contexto (Cabeza, 2014). En la Figura 14 se puede apreciar la detección de una humedad presente en techo de vivienda ocasionadas por goteras.

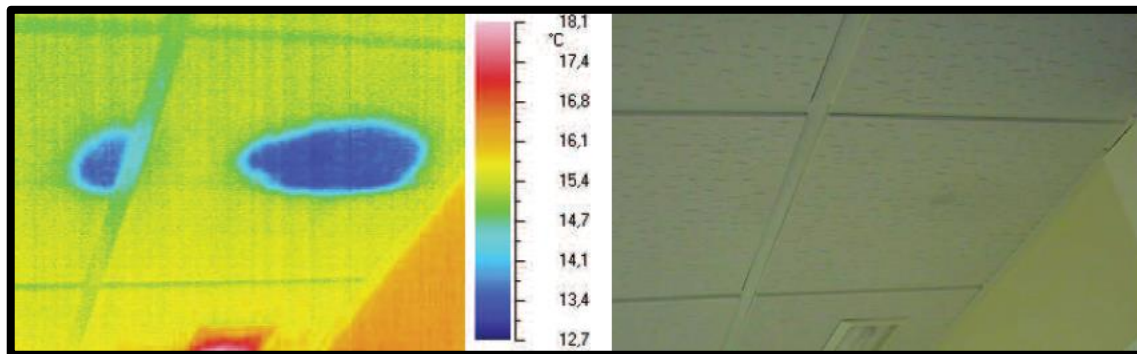


Figura 14. Ejemplo de Humedad por Filtración a causa de goteras en techo con estuco

Fuente: Tomado de Estudio patológico de humedades por medio de la termografía (Cabeza, 2014).

Cada material maneja una capacidad térmica definida, que hace referencia a los niveles caloríficos necesarios para aumentar grados en su temperatura, variable que utiliza esta tecnología para diagnosticar la patología, ya que ello determina el lapso de tiempo que los materiales mantienen el calor y la celeridad con la que la despiden (Cabeza, 2014).

Igualmente, se puede manejar en detecciones de humedades por condensación al detectar las áreas frías que se producen al alcanzar su punto de rocío la humedad del entorno, por lo que en la Figura 15 se puede apreciar una imagen termográfica que ejemplifica la detección de este tipo de humedad.

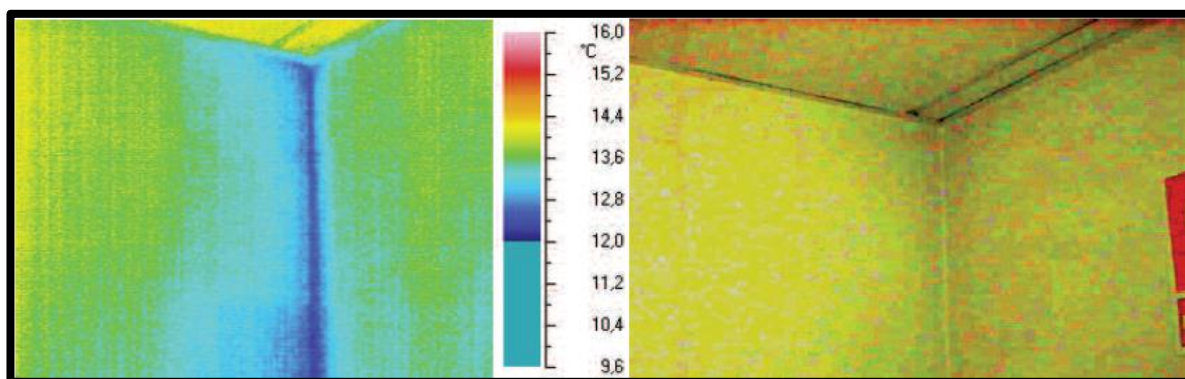


Figura 15. Detección de humedad por condensación encontrada en la unión de paramentos

Fuente: Tomado de Estudio patológico de humedades por medio de la termografía (Cabeza, 2014).

En la *Tabla 3* se presenta la ficha descriptiva de esta tecnología, mediante cámara termográfica.

Tabla 3. Descripción tecnología Cámara Termográfica

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Cámara Con Sistema No Refrigerado
Técnica	Termográfica
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida ubicación de las zonas afectadas • Puede diagnosticar el tipo de humedad presentada • Detecta posibles fallos de instalaciones de climatización y calefacción. • Identifica aislamientos térmicos en deterioro, falta de ellos o mal instalados. • Ruptura de puentes térmicos en uniones entre paredes y techos • Materiales dañados por humedades • Fugas de tuberías de aguas • Ductos de calor averiados
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen medidas tanto cuantitativas como cualitativas concretas sobre temperaturas • Pantalla táctil de 4 pulgadas • Ángulo de visibilidad de 160° • Cámara de 5 megapíxeles, con detector de resolución de 240×180 • Con sistema para conexión Wi-Fi para transferir al software que utiliza donde crea carpetas y genera los archivos (Camara, 2018)
Limitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de ópticas con gran apertura, lo que limita su uso a objetos cercanos. • Distorsión o desviaciones de medidas por condiciones atmosféricas, cambios en las propiedades de los materiales o tipo de lente que utilice
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Debe conocerse perfectamente el manejo de la tecnología, pues de lo contrario conduce a errores de diagnóstico

- Conocimientos previos de los tipos y ubicaciones de los equipos de calefacción, elementos estructurales y capas de aislamiento
- Propiedades caloríficas de los revestimientos
- Accesibilidad a los sitios de inspección
- Influencias del contexto ambiental y condiciones meteorológicas: La temperatura externa, interna y de los envolventes de la vivienda solo pueden variar ciertos grados en las horas previas al diagnóstico.

Imagen



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Estudio patológico de humedades por medio de la termografía (Cabeza, 2014).

Existen actualmente otros dispositivos que utilizan esta misma técnica y las medidas son guiadas por infrarrojos, como se describe en la *Tabla 4*

Tabla 4. Tecnología de medida guiada por infrarrojos (IGM)

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Tecnología de medición guiada por infrarrojos de FLIR (IGM TM)
Técnica	Termográfica
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para uso In situ • Puede diagnosticar el tipo de humedad presentada • Detecta humedades no visibles • Realiza lecturas de temperatura sin contactos y al mismo tiempo muestra las características termogénicas relativas de un elemento o contexto
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de diagnósticos no invasivos ni destructivos • utiliza la potencia de un sensor de imagen térmica FLIR Lepton • cámara termográfica integrada con diferentes resoluciones según necesidades • A prueba de agua • Portátil • Sensores de infrarrojos de onda larga (LWIR) • Puntero Láser • sensor de temperatura/humedad relativa que se puede reemplazar sobre el terreno.
Limitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Termógrafo de infrarrojos
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • No refiere • Conocimientos previos de la tecnología

- Conocimientos previos de los tipos y ubicaciones de los equipos de calefacción, elementos estructurales y capas de aislamiento
- Propiedades caloríficas de los revestimientos
- Accesibilidad a los sitios de inspección

Imagen



Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de tecnología de medición guiada por infrarrojos de FLIR (IGM™) (Flir, 2021) y (Sánchez, 2017)

7.4.2.2 Tecnología con técnica de Microondas

Esta técnica se soporta en la polarización de las moléculas del agua, que al aplicarles campos electromagnéticos alternos surten un efecto de rotación, pudiéndose medir la diferencia de constantes dieléctricas entre los materiales constructivos sólidos y el agua, ya que la constante de la mayoría de elementos sólidos, incluidos los de construcción, manejan constantes entre 2 y 10 y el agua un nivel aproximado a 80 (Fernández, 2018), lo que permite detectar presencia de humedades incluso en mínimas cantidades.

El autor Juan Fernández, refiere 3 modelos de estas tecnologías que se describen en las *Tabla 5* y *Tabla 6*

Tabla 5. Medidor Moist 200 Técnica de microondas

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Medidor Moist 200
Técnica	Microondas
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Toma medidas en superficies y hasta 80 cm de profundidad • Permite conocer la distribución de la humedad, ubicando el lugar de origen • Gran rapidez en la toma de datos

Especificaciones

- Puede usarse en concreto, madera y albañilería
- Se pueden determinar los tipos de humedades presentes
- Uso de software que define mediante colores la intensidad de la humedad presente

Limitantes**Requerimientos**

- Variabilidad de cabezales para diferentes profundidades de medición
- Distancia que puede medir dentro de los elementos
- Contacto directo con los elementos
- Sistemas de cómputo para descargar datos, transferirlos al software y analizarlos
- Conocimientos previos de la tecnología
- Accesibilidad a los sitios de inspección

Imagen

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones (Fernández, 2018).

En la Figura 16, se demuestran las lecturas tomadas por el modelo Moist 200 de la tecnología de microondas, donde se diferencian los diferentes tipos de humedades.

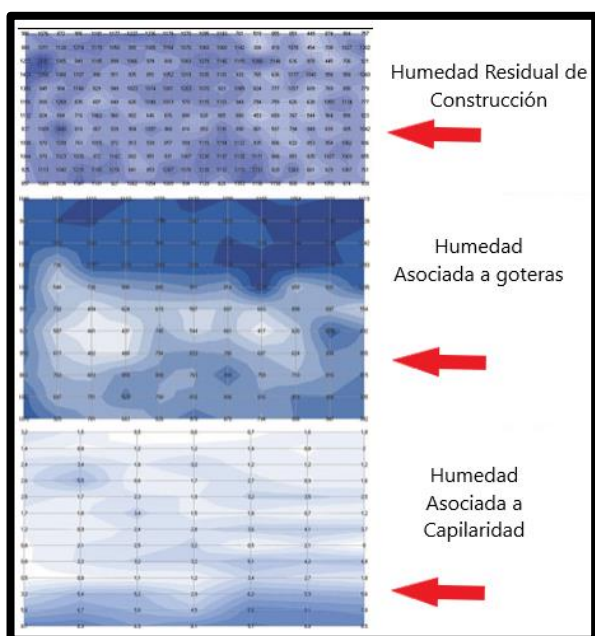


Figura 16. Referencias de lecturas de humedad con tecnología de microondas del Moist 200

Tabla 6. Tecnología Microondas Artefactos para medición T600 y T 650

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Artefactos T600 y T650
Técnica	Microondas Y Dieléctrico
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • El T600 se utiliza para realizar mediciones de profundidad • El modelo T650 puede ser utilizado para mediciones superficiales de hasta 4 cm • Realiza avisos de alarma cuando el nivel de humedad es elevado, sin necesidad que el operador este revisando constantemente el display • Independencia del contenido de sal presente en los materiales a medir • Se pueden medir grandes superficies de paredes y pisos
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • El modelo T650 es de medida superficial cuyo principio de medición es dieléctrico • El T600 mide estructuras con grosores entre 20 y 30 centímetros • Contienen sistema de Alarma que se gradúa previamente hasta el 20% de humedad Relativa
Limitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Interferencia y obtención de datos errados en uniones de paredes
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto directo con los elementos • Sistemas de cómputo para descargar datos, transferirlos al software y analizarlos • Conocimientos previos de la tecnología • Accesibilidad a los sitios de inspección

Imagen


T-600

T-650

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones (Fernández, 2018).

7.4.2.3 Tecnologías con uso de medidores por Capacitancia

Esta tecnología es antigua y se utilizaba para medir humedades en materiales constructivos individuales (arenas, gravas, etc), pero la aplican también sobre las superficies de viviendas por ser un método fácil de utilizar. El funcionamiento de estas herramientas consiste en la utilización de circuitos eléctricos convencionales y electrodos condensadores (envío y receptor), registrando el valor numérico en el display, por lo que su medición también consiste en registrar las capacidades eléctricas de los materiales en presencia de agua (Pipirate, 2017).

Tabla 7. Descripción dispositivo tecnología capacitancia

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Capacitancia PCE-PMI 1
Técnica	Circuitos eléctricos convencionales Y Dieléctricos
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> ● Obtención de las capacidades eléctricas de los materiales ● Aplicación sencilla ● Detecta de forma rápida y segura la humedad ● Puede medir humedad en madera, concreto, áreas sanitarias
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo de sensor esferoidal metálico ● Profundidad de penetración de 20 a 40 mm ● Pantalla lcd ● Principios de medición: resistencia eléctrica ● Rango medición de 0 a 100 dígitos
Limitantes	No refiere
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocimientos previos de los tipos y ubicaciones de los equipos de calefacción, elementos estructurales y capas de aislamiento ● Propiedades caloríficas de los revestimientos

 Accesibilidad a los sitios de inspección
Imagen

 Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Medidores de Humedad (Iberica, s/f).

7.4.2.4 Tecnología de Medidores por Conductividad

Realizan prácticamente la misma función que la tecnología anterior, con la diferencia que esta tecnología utiliza dos electrodos no condensadores con forma de agujas metálicas, que se introducen en el material, cerrando el circuito eléctrico y midiendo la resistencia a corrientes continuas, indicando los valores mediante luces led de color verde, amarillo o rojo o mediante dígitos. Los resultados determinan la humedad mediante curvas de calibración (Pipirate, 2017).

Tabla 8. Descripción Tecnología por Conductividad

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Higrómetro por conductividad Trotec BM18
Técnica	Conductividad
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de madera y materiales construcción suelos y paredes • Sencillo manejo mediante una sola tecla • Muestra directamente valores en % de volumen • Resultados ágiles • Portabilidad
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador de humedad led • Principio de Medición: Método de resistencia • Rango de medición: 6 -60% para madera • Rango de medición 0.2 - 2.9 % para materiales constructivos
Limitantes	Si los materiales contienen altos niveles de sales, las mediciones no son tan validas, no reflejan el contenido preciso de humedad.
Requerimientos	No refiere

Imagen


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Pipirate, 2017) y (Infoagro, s/f).

7.4.2.5 Tecnología de Ultrasonidos

Su funcionamiento parte del uso de impulsos eléctricos que al transmitirse al elemento a medir se transforman en impulsos mecánicos de poca duración, donde se propagan y regresan al medidor nuevamente en forma de impulsos eléctricos, registrando frecuencias y velocidades de la difusión de ondas elásticas. Se detecta humedad cuando la velocidad de transmisión de la onda aumenta, ya que en el agua la velocidad del sonido es mayor que en aire (Pipirate, 2017).

Tabla 9. Descripción Tecnología de Ultrasonido

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Ultrasonido Olimpus
Técnica	Ultrasonidos
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Mide acero, hierro, aluminio, titanio, plásticos homogéneos, cerámica, vidrio entre otros materiales •
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Pantallas gráficas a color • Calibración automática • Resultados acústicos y ópticos • Conexiones USB y WIFI • Contiene: Generador, palpadores, amplificadores, temporizadores eléctricos, barras de calibración
Limitantes	se refleja tenuemente en la capa límite entre el plástico y el acero, por lo que pueden presentarse errores de medición
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos previos de todas las instalaciones internas • Propiedades caloríficas de los revestimientos • Accesibilidad a los sitios de inspección

Imagen



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Pipirate, 2017)

7.4.2.6 Tecnología de Georadar

Esta técnica es una de las más actuales, desarrollada en las últimas décadas y favorecida por los diferentes avances tecnológicos; Consiste en la reflexión de ondas electromagnéticas propagadas en el elemento que se requiera medir y captadas a través de antenas, que detecta zonas diferentes mediante el reflejo de energía electromagnética a la superficie, continuando su propagación por el resto del elemento, por lo que su lectura debe ser realizada por expertos (Pipirate, 2017).

Tabla 10. Descripción Tecnología de Radar

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Georadar
Técnica	Reflexión de ondas Electromagnéticas
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Puede medir todo tipo de materiales • Capacidad de profundidad de 50 mt • Algunos pueden proporcionar imágenes en 3D
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Contiene: Unidad central, Antenas, variados accesorios para visualizaciones, almacenamiento de datos
Limitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados solo pueden ser analizados y traducidos por expertos • Costo vs Beneficio
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad a los sitios de inspección • Contar con especialistas para el manejo y análisis de los datos

Imagen


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Pipirate, 2017)

7.4.2.7 Tecnologías Destructivas


En cuanto a tecnologías destructivas se resaltan dos técnicas descritas por el autor Pipirate (2017), que son el método de secado gravimétrico y método químico del carburo de calcio, las dos requieren tomar una muestra de la vivienda para realizar su análisis en laboratorio, como ventaja frente a las técnicas no destructivas es que se obtienen medidas más exactas.

Tabla 11. Tecnología destructiva método de secado gravimétrico

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	secado gravimétrico
Técnica	Ensayo y Análisis mediante laboratorio
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Medición concreta de niveles de agua • Mayor exactitud en resultados • Se utiliza para calibrar resultados de otras técnicas •
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se pesa la muestra para obtener nivel de humedad • Pasa por proceso de secado mediante algún instrumento o equipo que emita calor para eliminar humedad • Nuevamente se pesa sin la humedad para obtener diferencia
Limitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de temperatura a la que se expone la muestra, ya que no debe eliminar el agua propia de los materiales • Lapso prolongado de tiempo para obtención de resultados • Mayor costo
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestra inalterada • Contar con especialistas para el manejo y análisis de los datos • Contar con herramientas de secado • Tener conocimientos de las normas que estipulan los niveles de temperatura a utilizar

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Pipirate, 2017).

Tabla 12. Descripción Método destructivo utilizando carburo de calcio

Tecnologías Detección de Humedades	
Nombre de la Tecnología	Método químico del carburo de calcio
Técnica	Ensayo y Análisis mediante laboratorio
Capacidades/Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Puede realizarse en la vivienda, por lo que no requiere espera de respuesta • Se obtienen datos más exactos porque no hay alteración de la humedad propia de los materiales • Más directo que el gravimétrico
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • La muestra se introduce en un recipiente metálico y hermético con carburo de calcio en polvo, agitándolo para que en su reacción se produzca gas acetileno. • La presión que produce el gas es medida por un manómetro, este valor es proporcional a los contenidos de humedad de la muestra
Limitantes	No refiere
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de bomba, el recipiente de sellado hermético, estanco, manómetro y herramientas para la extracción de la muestra • Tener conocimientos previos para la lectura de los resultados
Imagen	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Pipirate, 2017).

8. Análisis Comparativo de Tecnologías

Después de haber identificando y descrito las tecnologías halladas en la revisión, se gestiona un análisis comparativo para determinar efectividades, limitantes de uso y los requerimientos de cada una.

8.1 Diseño de matriz Comparativa

Como herramienta base del análisis comparativo se diseña la matriz de la Tabla 13, con la intención de analizar detalladamente algunos de los aspectos principales que permiten establecer comparaciones objetivas entre las tecnologías identificadas. Se establecen criterios de evaluación, que corresponden a:

1. Efectividad: Para este criterio se instauran tres niveles: Alta (A), Media (M) y Baja (B), adjudicando un punto por cada factor que contenga. Los factores evaluados son:

- Nivel de Precisión de la Técnica
- Rapidez en la obtención de los datos
- Detección de humedades no visibles a más de 40 cm de profundidad.

Así pues, si una tecnología contiene los tres factores su puntuación será de 3 y por lo tanto tendrá un nivel de efectividad alto, si contiene 2 de los factores, obtendrá un nivel de efectividad media y si solo reporta un factor, su efectividad será catalogada como baja.

2. Limitantes: Para este criterio los factores a comparar serán señalados con SI o NO y serán:

- Puede arrojar errores de medición (EM)
- La medición es limitada a cortas distancias (MCD)

3. Requerimientos de Uso: Igualmente para este criterio se compararán mediante SI o NO y los factores a comparar serán:

- Necesidad de herramientas complementarias para implementar la detección (HC)
- Conocimientos previos y especializados de la tecnología (CPT)
- Conocimientos previos de las instalaciones (CPI)
- Toma de muestras físicas de los materiales (TMF)

Tabla 13. Diseño de Matriz Comparativa

Tecnologías	Efectividad			Limitantes			Requerimientos		
	A	M	B	EM	MCD	HC	CPT	CPI	TMF
XXXXX		X		Si	No	Si	No	Si	No

Fuente: Elaboración propia

8.2 Desarrollo de Análisis Comparativo de las Tecnologías

Para desarrollar la matriz de análisis comparativa con la información de las tecnologías, es necesario inicialmente determinar el nivel de efectividad de cada una, por tanto en la Tabla 14 se presenta el análisis realizado.

Tabla 14. Determinación de niveles de efectividad

Tecnologías	Nivel de Precisión de la Técnica	Rapidez en la obtención de los datos	Detección de humedades no visibles a más de 20 cm de profundidad	Puntuación	Nivel Efectividad
Termografía /Cámara Con Sistema No Refrigerado	1	1	1	3	Alta
Termografía /Tecnología de medición guiada por infrarrojos de FLIR (IGM™)	1	1	1	3	Alta
Microondas/ Medidor Moist 200	1	1	1	3	Alta
Microondas T600	-	1	1	2	Media
Microondas y dieléctrico T650	-	1	-	1	Baja
Capacitancia PCE-PMI 1	1	1	-	2	Media
Higrómetro por conductividad Trotec BM18	1	1	-	2	Media
Ultrasonido Olympus	1	1	1	3	Alta
Georadar	1	-	1	2	Media

secado gravimétrico	1	-	-	1	Baja
Método químico del carburo de calcio	1	1	-	2	Media

Fuente: Elaboración propia

Según lo evidenciado en la Tabla 14, las metodologías de mayor efectividad son las que aplican nuevas tecnologías y que no son destructivas, mientras que las tecnologías que presentan nivel bajo, se debe mayormente a sus capacidades de la detección de humedades no visibles a profundidad. Igualmente en la Figura 17, se puede apreciar que el 46% de las tecnologías identificadas manejan un nivel de efectividad media y el 36% un nivel de efectividad alta.

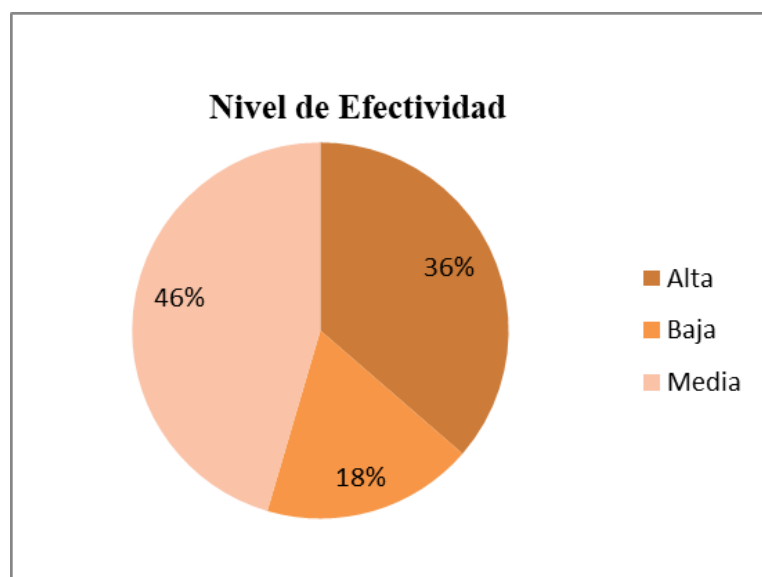


Figura 17. Nivel de Efectividad Tecnologías

A continuación en la *Tabla 15* se presenta el análisis comparativo de todos los criterios establecidos previamente.

Estos datos resumidos reflejan una visión que puede servir para seleccionar la tecnología adecuada, teniendo en cuenta las soluciones, la facilidad de usos y el aseguramiento de resultados

precisos, independientemente de la metodología de análisis que empleen, sin embargo, se debe tener en cuenta las particularidades de cada caso, lugar o vivienda en donde se vaya a realizar la detección de humedad, para seleccionar la tecnología que mejor se ajuste a sus necesidades y a los requerimientos de su aplicación.

Tabla 15. Matriz Análisis comparativo de Tecnologías de Detección de humedades

Tecnologías	Efectividad			Limitantes			Requerimientos			
	A	M	B	Errores de Medición (EM)	Medición limitada a cortas distancias (MCD)	Necesidad de herramientas complementarias (HC)	Conocimientos previos especializados de la tecnología (CPT)	Conocimientos previos de instalaciones (CPI)	Toma de muestras físicas de los materiales (TMF)	
Termografía /Cámara Con Sistema No Refrigerado	x			SI	NO	NO	SI	SI	NO	
Termografía /Tecnología de medición guiada por infrarrojos de FLIR (IGM™)	x			NR*	NR*	NO	SI	SI	NO	
Microondas/ Medidor Moist 200	x			NO	SI	SI	SI	NO	NO	
Microondas T600		x		SI	NO	SI	SI	NO	NO	
Microondas y dieléctrico T650			x	SI	SI	SI	SI	NO	NO	
Capacitancia PCE-PMI 1		x		NR*	NR*	NO	NO	SI	NO	
Higrómetro por conductividad Trotec BM18		x		SI	SI	NO	NO	NO	NO	
Ultrasonido Olympus	x			SI	NO	NO	SI	SI	NO	
Georadar		x		NO	NO	SI	SI	NO	NO	
secado gravimétrico			x	NO	SI	SI	SI	NO	SI	
Método químico del carburo de calcio		x		NO	SI	NO	SI	NO	SI	

Fuente: Elaboración Propia.

*NR: No refiere

De las 11 tecnologías analizadas, solo una no presenta ni errores de medición, ni medición limitada a cortas distancias como limitantes, que es la tecnología del Georadar, pero en contraste, esta tecnología puede presentar dificultades por costo beneficio para ser usada en viviendas y necesitar de un experto para el uso, análisis y traducción de los resultados; mientras que otras 5 tecnologías pueden presentar errores de medición debido a factores como distorsiones por variaciones atmosféricas, cercanía de uniones de paredes o los niveles de sales contenidos en los materiales (Ver Figura 18).

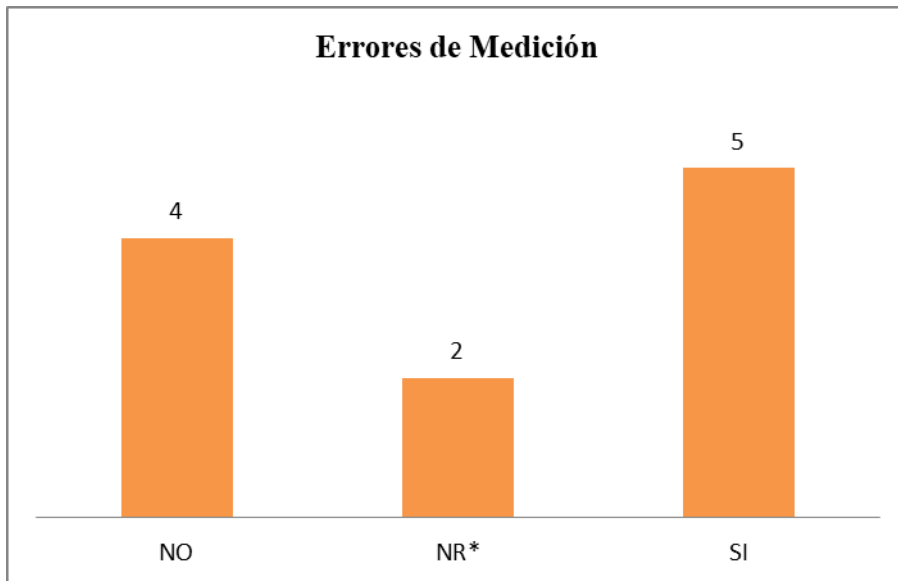


Figura 18. Cantidad Metodologías con Errores de medición

Igualmente en la Figura 19, cinco de las tecnologías reportaron tener limitación de mediciones a corta distancia para humedades no visibles, como son las tecnologías con técnica de microondas, el higrómetro por conductividad y las tecnologías destructivas.

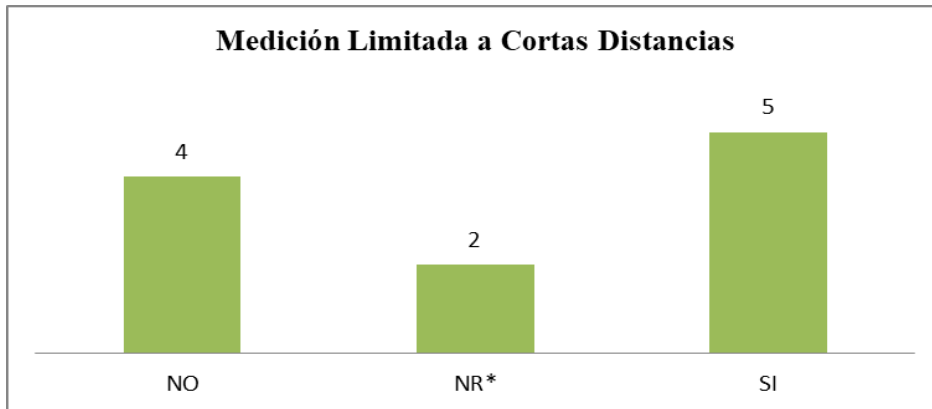


Figura 19. Cantidad de Tecnologías por limitación de distancias de medición

En cuanto a los requerimientos necesarios para el uso de las tecnologías, en la Figura 20, se muestra que nueve de las tecnologías requieren conocimientos previos y/o especializados para su uso, seis de herramientas complementarias y siete de conocimientos de las instalaciones internas de las viviendas para poder efectuar correctamente la detección de humedad.

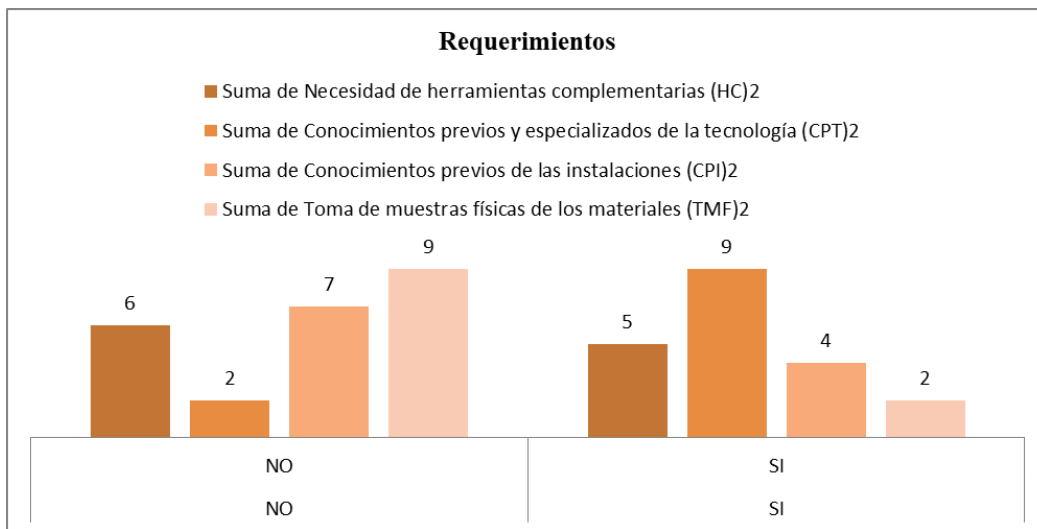


Figura 20. Requerimientos de las tecnologías

9. Guía de Patologías y Alternativas de Productos Para su Solución

Para el desarrollo de la guía sobre las patologías más comunes, se realizó indagación en los mercados online para presentar alternativas correctivas con productos ofertados para soluciones.

Nombre de la Guía: Guía de Patologías de Humedades y Alternativas de Productos para su Solución.

Objetivo: Relacionar las patologías más comunes y las alternativas con los productos existentes actualmente en el mercado para evitarlas y/o contrarrestarlas.

Estructura: 1. Tipos de humedades y patologías más comunes
2. Productos Solución y Patologías que contrarrestan

Guía de Patologías de Humedades y Alternativas de Productos para su Solución.

1. Tipos de humedades y patologías más comunes

a) **Humedad de Condensación:** Este tipo de humedad produce: Anidaciones de hongos, mohos y Aspergillus, manchas y daños en paredes.

Intervenciones requeridas:

Evitar las condensaciones superficiales interiores a través de una ventilación correcta ya sea natural o artificial (Jiménez, 2018). El requerir sistemas artificiales aumenta los costos ya que requiere la utilización de sistemas de calefacción o deshumidificadores

También se debe establecer un correcto aislamiento, a través del uso de impermeabilizantes para áreas expuestas a variaciones fuertes de temperatura.

b) Humedad por Capilaridad: las patologías más comunes son eflorescencias, Criptoflorecencias, abombamientos, erosiones, corrosiones, mohos, hongos, putrefacción de acabados (maderas, yesos), daños en general en mampostería, daños de juntas y uniones adhesivas, manchas en parte baja de paredes, presencia de líquenes en fachadas, patios y alrededores de viviendas.

c) Humedad por Filtración: esta humedad origina patologías como: daños en general en mampostería, eflorescencias, Criptoflorecencias, daños de estructuras sensibles, erosiones, dilataciones y grietas, daños de acabados.

Intervenciones requeridas:

Para las humedades por capilaridad y filtración se requiere de impermeabilizaciones ya sean físicas o químicas en las zonas afectadas, reparación de desperfectos, verificación de juntas, pendientes, presencia de grietas o fisuras, presencia de elementos para evacuación de aguas lluvia, volados y cubiertas de techos, y utilizar sellos con materiales impermeables, proponer drenajes, cunetas, filtros, pendientes etc., en el caso que sean insuficientes a fin de evacuar la humedad.

d) Humedad accidental: cuándo hay rompimiento de algún elemento conductor de agua o líquidos, se puede presentar patologías de eflorescencias, Criptoflorecencias, erosiones, corrosiones, mohos, hongos, putrefacción de acabados (maderas, yesos), daños en general en mampostería.

Intervenciones requeridas:

Se requiere conocer la estructuración hidráulica y de drenajes internas, para conocer ubicación y si concuerdan con el punto de humedad. Para este tipo de humedad, se requerirá un método destructivo para solucionar el origen de la humedad, cambiando tuberías obsoletas de ser necesario. Las tuberías que estén expuestas deben protegerse de la intemperie y la corrosión, en lo posible cambiarlas por materiales plásticos.

e) **Humedad de obra:** las erradas acciones de secado durante la realización de la obra o después de la elaboración de una reparación, puede generar manchas en la parte baja de paredes cerramientos y forjados, degradación del concreto, daños en general en mamposterías.

Intervenciones requeridas:

Por lo regular estas patologías se dan en edificaciones recién construidas y no en antiguas, requiriendo el secado de la zona afectada empleando métodos de aireación o calefacción y utilizando alguna tecnología para detectar y medir humedad como un higrómetro para controlar la evolución del secado (Jiménez, 2018).

2. Productos Solución y las Patologías que contrarrestan

En la Tabla 16 se presentan algunos productos encontrados actualmente en el mercado online para llevar a cabo alternativas de solución de las diferentes patologías por humedades. Con los avances tecnológicos, son cada vez más las alternativas no destructivas que pueden ser empleadas en la solución de patologías por humedades, encontrándose diferentes rangos de costos que se pueden ajustar a todo tipo de presupuestos, por lo cual es necesario un buen diagnóstico para que las propuestas de intervención correctivas y de eliminación de las causas, sean las más ajustadas y convenientes según cada caso particular.

Tabla 16. Algunas alternativas para solución de Humedades

Productos para Soluciones	
Algunas opciones en el mercado	Patología que soluciona o contrarresta

Deshumidificadores

pueden ser de dos tipos:

- Eléctricos: se encargan de recoger la humedad a través de ventiladores y condensarla, pero consumen bastante energía y producen ruido
- Deshumidificador es sin electricidad a base de cloruro de calcio: absorbe la humedad del ambiente y la transforma en salmuera (mezcla de agua y sal), depositándola en un recipiente adjunto, no requiere gasto energético, es recargable y trabaja continuamente (Humydry, 2021)

Marca: Pro Brizze

Descripción: Deshumidificador Electrónico Con Tanque De 250ml, cubre un área de hasta 5m², cuenta con auto apagado, Dimensiones: 22 cm de alto x 14.5 cm de ancho x 12 cm de profundidad (Mercado Libre, 2021)



Patologías de Humedades por condensación

Marca: Humidex

Descripción: Absorbente Humidex tanque reutilizable de capacidad de 241 a 480 gr Blanco y cubre 25 m³ (Homsentry, 2021)



Patologías de Humedades por condensación

Impermeabilizantes asfálticos y cementosos

Marca: Fester/ Henkel
Nombre: Vaportite 550

Descripción: para la condensación, sirve como adhesivo, recubrimiento, sellador y barrera de vapor para aislamientos térmicos a base de fibra de vidrio, corcho, lanas minerales y similares (excepto poliestireno expandido), formando barrera de vapor.



Para todas las Patologías de Humedades

**Impermeabilizantes
asfálticos y
cementosos**

Impermeabiliza superficies horizontales y verticales de concreto, lámina, mampostería, tabique, fibra de vidrio, madera, entre otras; sitios bajo inmersión constante; estructuras bajo tierra; pisos (bajo recubrimientos pétreos).

Sirve como recubrimiento protector y anticorrosivo para superficies metálicas y de concreto. Se encuentra en presentación desde un 1 litro (Fester, 2021)

Marca: Fester/ Henkel
Nombre: Fester CR-65
Descripción: compuesto o base cemento, en polvo, de color gris, sirve para paredes de tabique, bloque, concreto y mamposterías, estructuras expuestas a humedad de subsuelo y muros en general; al secarse forma una capa impermeable, puede aplicarse por fuera o por dentro del elemento tratado (Fester, 2021)



Patologías de humedades por capilaridad y filtración

**Impermeabilizantes
asfálticos y
cementosos**

Marca: Mapei
Nombre: Mapelastic Smart
Descripción:
 impermeabilización de superficies de concreto que puede aplicarse con brocha o rodillo, certificado para contacto con agua potable y protege las estructuras contra agentes agresivos (Mapei, 2021)



Patologías de humedades por capilaridad, filtración y accidental

**Impermeabilizantes
asfálticos y
cementosos**

Marca: Sika
Nombre: Sika Fill
Descripción:
 Revestimiento elástico para impermeabilización de cubiertas y paredes, paramentos verticales, reparación de tejas, tratamientos de juntas en chimeneas, compatible con mortero, fibrocemento, tejas, ladrillos, acero, zinc, aluminio, bituminosos. protege contra filtraciones de agua de escorrentía (Mercado Libre, 2021)



Patologías de humedades por capilaridad, filtración y accidental

**Pinturas
Antihumedad**

Marca: Pintuco
Nombre: Viniltex antihumedad
Descripción: Pintura acrílica para protección, sellado e impermeabilización de paredes interiores por filtraciones de agua y humedades freáticas o ascendentes, es anti hongos y anti moho



Para todas las Patologías de Humedades

Mantos impermeables prefabricados

ofertada en presentación de 1 o 5 galones y variados colores (Pintuco, 2021)
Marca: Fester/ Henkel
Nombre: Fester Mip
Descripción: Elaborado con asfalto modificado con polipropileno atáctico (APP), reforzado internamente con una membrana de poliéster de 180 g de alta resistencia, forma un manto hermético, se coloca por termo fusión, impide paso de agua y penetración de raíces de vegetación (Fester, 2021).



Patologías de humedades de filtración

Bloqueadores de humedades para interiores

Marca: Pintuco
Nombre: Sellamur 3 en 1
Descripción: Para sellar, impermeabilizar y pintar superficies de mampostería, concretos y revoques, su presentación es hasta de 2 galones, puede ser usado como producto de acabado final (Homecenter, 2021)



Para todas las Patologías de Humedades

Bloqueadores de humedades para interiores y exteriores/Infiltraciones de Resinas o siliconas

Marca: Corona
Nombre: Barrera Antihumedad Base Agua
Descripción: resina acrílica. Impermeabilizante químico para humedades ascendentes, en muros de ladrillo, concreto y materiales porosos (HomeCenter, 2021)



Patologías de humedades por capilaridad, y filtración

Impermeabilizantes para cubiertas y terrazas	<p>Marca: Sika Nombre: Sika ImperMur Descripción: resina acuosa de impregnación para Impermeabilización contra humedad por capilaridad, presentación de 2 kilos, 4 kilos y 200 kg. Evita la aparición de moho, hongos y líquenes (HomeCenter, 2021)</p>		Patologías de humedades por capilaridad
	<p>Marca: Sika Nombre: Sika Techo E y tela de fibra de poliéster (SikaFelt) Descripción: el primero es una emulsión asfáltica con acrílico que junto con la tela forman un sistema impermeabilizante para terrazas y todo tipo de cubiertas protegiendo de humedades por filtración proveniente de lluvias. Presentación de 3.5 kg hasta tambor de 200kg (HomeCenter, 2021)</p>		Patologías de humedades por filtración descendentes
Barreras para humedades ascendentes	<p>Marca: Sika Nombre: Sikamur Injectocream-100 Descripción: Barrera para el tratamiento de humedades ascendentes en cimientos y muros, para ladrillos macizos, muros con cámara de aire, paredes de piedra. Se encuentra en presentación de 300 ml (Mercado Libre, 2021)</p>		Patologías de humedades por capilaridad

Anticorrosivos	<p>Marca: Pinturas Bler Nombre: Anticorrosivo Descripción: Para uso en interiores y exteriores, protege todo tipo de metales de la humedad. Presentación lata de 1 galón (HomeCenter, 2021)</p>		Patologías de humedades accidentales
Aislantes térmicos	<p>Marca: Mobius Nombre: Aislamiento Térmico Cañuela Th Descripción: su material es elastómero de celdas cerradas, aislamiento para toda clase de tuberías desde 6 mm hasta 70 mm. Uso en interiores y exteriores (HomeCenter, 2021)</p>		Patologías de humedades accidentales
Aislantes térmicos	<p>Marca: Thermolon Nombre: Thermolon 3mm Descripción: Polietileno De Baja Densidad De Celda Cerrada, estabiliza temperaturas del interior y exterior, presentación en rollo de 1.22m x 10m (HomeCenter, 2021)</p>		Patologías de Humedades por condensación

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos obtenidos de mercados online.

Las manifestaciones patológicas por las diferentes humedades pueden ser corregidas de manera rápida si se actúa con la celeridad debida, aplicando la variedad de tecnologías químicas, físicas y eléctricas que ofrecen actualmente los mercados, siendo esto considerablemente más eficiente y menos costoso que las reparaciones tradicionales con intervenciones destructivas.

Toda propuesta de intervención que se lleve a cabo, estará basada en la efectividad de una detección temprana y el diagnóstico acertado de la tipología de humedad presente, debiendo inicialmente erradicar la causa de la patología, para luego realizar las mejoras a que haya lugar en el material, elemento o espacio afectado.

Conclusiones

A través del desarrollo de este trabajo, se identificó que las patologías por humedades pueden surgir en una vivienda nueva o usada, ya que si desde el mismo proceso constructivo no se llevan a cabo correctamente los procedimientos y no se establecen las medidas preventivas adecuadas, probablemente los materiales estarán expuestos a situaciones tanto internas y externas que pueden incitar al surgimiento de humedades.

Los tipos de humedades que se pueden presentar en las viviendas son humedad por obra o construcción, humedad por filtración, por capilaridad, por condensación y humedad accidental, derivando en patologías como las 13 afectaciones que se identificaron en la revisión documental, entre las cuales las más representativas y visibles son anidaciones de hongos, mohos y aspergillus, afectaciones generales en mamposterías, daños en revestimientos y acabados, aparición de eflorescencias, putrefacciones y erosiones de los materiales.

En la identificación de las tecnologías para detección de humedades, se encontraron tecnologías de tipo destructivas, las cuales requieren procesos invasivos en los materiales para determinar existencia y niveles de humedad, que pueden llegar a ser más costosas y demoradas para obtención de resultados, y tecnologías no destructivas, algunas de ellas surgiendo como alternativas prácticas y económicas con viabilidad para ser utilizadas en los procesos diagnósticos de afectaciones de viviendas por humedades.

En los apartados desarrollados, quedo claro que el agua es un elemento que debe ser debidamente controlado y manejado para evitar no solo los daños estructurales en viviendas, si no las

afectaciones a la salud de sus habitantes, pero igualmente, con el deterioro normal de los materiales puede llegar a presentarse algún tipo de las humedades expuestas, siendo necesario acudir a soluciones correctivas como las presentadas en la guía de patologías y alternativas de productos para su solución que se estructuró en la última fase.

Mediante este estudio, se dio cumplimiento a la formulación del problema planteado, pudiendo identificar las tecnologías que se están empleando actualmente para desarrollar procesos de detección de humedades en instalaciones domiciliarias y las posibles soluciones o métodos para mitigar el daño, estableciendo el estado del arte de la temática, logrando comprender y adquirir mejores conocimientos sobre la detección, diagnóstico y solución de las humedades, como bases fundamentales para establecer una adecuada intervención y el tratamiento correcto, a fin de evitar agravamientos de los daños estructurales.

Bibliografía

- Acuasec. (2020). ¿CÓMO SABER QUÉ TIPO DE HUMEDADES EXISTE EN TU CASA? Obtenido de <https://acuasec.com/tipos-humedades-existen-casa/#:~:text=La%20forma%20m%C3%A1s%20com%20de,poco%20y%20se%20ubiquen%20en>
- Agliata, R., Greco, R., & Luigi, M. (2018). Mediciones de humedades en Mamposterías patrimoniales: Una revisión de las técnicas actuales. *The American Society for Nondestructive testing Digital Library*, 76(11).
- Alario, E. (2021). *Lesiones de Edificios cerca del mar*. Obtenido de <https://www.reddeautores.com/ingenierias/lesiones-de-edificios-cerca-del-mar/>
- Ardila, J. (2019). *ESTUDIO PATOLÓGICO POR HUMEDADES EN LOS MUROS EXTERIORES E INTERIORES EN LAS CASAS QUE CONFORMAN EL CONJUNTO RESIDENCIAL GUAZUCA EN EL MUNICIPIO DE GUASCA*. Obtenido de Repositorio USTA: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20826/2019jorgeardila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bermudez, L., & Tabares, L. (2015). *Mitigación de la humedad por la capilaridad del suelo para 57 vivienda en el Municipio de San Juan de Rio Seco Cundinamarca*. Obtenido de [repository.uniminuto.edu:
https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4867/T.IC%20TABARES%20ORTES%20LIDIA%20DANIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4867/T.IC%20TABARES%20ORTES%20LIDIA%20DANIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Blateam. (2018). *Qué tipos de humedad existen y cómo se pueden evitar*. Obtenido de <https://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/que-tipos-de-humedad-existen-y-como-se-pueden-evitar>
- Cabeza, P. (2014). *Estudio patológico de humedades por medio de la termografía*. Obtenido de repositorio.upct.es: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/3931>
- Camara, M. (2018). *Cámara termográfica básica*. Obtenido de instaladoresdetelecomhoy: <https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/camara-termografica-basica/>
- Cañada, R. (2016). *El agua y las patologías de las humedades estructurales en la edificación*. Obtenido de obrasurbanas.es / Artículo publicado en la Revista Obras Urbanas número 58: <https://www.obrasurbanas.es/agua-patologias-humedades-edificacion/>
- Cortes, B., & Perilla, K. (2017). *IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO)*. Obtenido de repository.unilibre.edu.co: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16981/IDENTIFICACION%20DE%20PATOLOGIAS%20ESTRUCTURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elizondo, R. (2021). *Humedad por grietas*. Obtenido de <https://www.mndelgolfo.com/reportaje/causas-por-las-que-tu-pared-tiene-humedad/humedad-por-grietas/>
- Fernández, J. (2018). *Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones*. Obtenido de repositorio.uchile.cl: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104948/fernandez_jc.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Fester. (2021). *TIPOS DE HUMEDAD Y SU SOLUCIÓN*. Obtenido de <https://www.fester.com.mx/es/tips/galeria-de-tips/tipos-humedad.html>

Flir. (2021). *Tecnología de medición guiada por infrarrojos de FLIR (IGM™)*. Obtenido de <https://www.flir.com/instruments/infrared-guided-measurement/>

Grob, K., & Geib, P. (2018). *Seguridad de las juntas adheridas en condiciones de servicio perjudiciales*. Obtenido de [https://link-springer-com.consultaremota.upb.edu.co:8443/content/pdf/10.1186%2Fs40563-018-0105-4.pdf](https://link.springer-com.consultaremota.upb.edu.co:8443/content/pdf/10.1186%2Fs40563-018-0105-4.pdf)

Guach, F. (2020). *HONGOS EN CASA, UN SERIO PROBLEMA DE SALUD Y HUMEDAD*. Obtenido de Humedad Controlada: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fhumedadcontrolada.com%2Fhongos-en-casa-un-problema-de-salud%2F&psig=A0vVaw3orBxCMhAq1-QCSfShf_kt&ust=1618438698742000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCJjc85ig_O8CFQAAAAAdAAAAABAD

HomeCenter. (2021). *Aislamiento Termico Cañuela Th*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/361922/Aislamiento-Termico-Canuela-Th-X-2-Mts-6-mm-x-13-mm/361922>

HomeCenter. (2021). *Anticorrosivo Negro*. Obtenido de https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/502581?kid=bnnext1022605&gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIY5QDNArotpGLfIZr6qVSSpaXOcqr92qGfwaP0Miun59heEq2OmDIaAvbUEALw_wcB

- HomeCenter. (2021). *Barrera Antihumedad Base Agua Igl 3.2kg*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/138838/?cid=494566&=INTERNA>
- Homecenter. (2021). *Bloqueador De Humedad para Interior Blanco Sellamur 3 En 1 1/4*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/346390/Bloqueador-De-Humedad-para-Interior-Blanco-Sellamur-3-En-1-1-4/346390>
- HomeCenter. (2021). *Sika Techo E Impermeabilizante para cubierta y terraza*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/89289/?cid=494566&=INTERNA>
- HomeCenter. (2021). *Thermolon 3mm*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/319594/?cid=494566&=INTERNA>
- Homsentry. (2021). *absorbente humidex tarro 340 grs blanco*. Obtenido de https://www.homesentry.co/p/absorbente-humidex-tarro-340-grs-blanco/?gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIY_1WuXb4ajDocM7eaooCm4nvMERPmpggQnxyBDAnk2OTalXWYkXrkaAvzxEALw_wcB
- Humydry. (2021). *Problemas de humedad: tipos, causas y soluciones*. Obtenido de <https://humydry.es/content/6-problemas-de-humedad-tipos-causas-y-soluciones>
- Iberica. (s/f). *Medidores de Humedad* . Obtenido de pce-iberica.es: <https://www.pce-iberica.es/Catalogo/catalogo-humedad.pdf>
- Infoagro. (s/f). *Medidores de Humedad, Higrómetros*. Obtenido de Infoagro.com: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/categoria_mecedor.asp?k=64

Ingenieros Asesores. (2020). *Arquitectura y Edificación. Los daños estructurales por humedades más frecuentes*. Obtenido de Ingenierosasesores.com: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/danos-estructurales-por-humedades/>

Jiménez, M. (2018). *Guía Práctica-Académica Patología de la Construcción Diagnóstico e intervención de humedades*. Obtenido de Repository UCC: <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/5156/1/guia%20humedades.pdf>

Mapei. (2021). *MAPELASTIC SMART*. Obtenido de https://www.mapei.com/co/es-co/productos/lista-de-productos/detalles-del-producto/mapelastic-smart?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search&utm_content=mapelastic-smart

Mercado Libre. (2021). *Deshumidificadores*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-574292516-deshumidificador-mini-electronico-tanque-250ml-steren-air230-_JM?variation=61167376557#reco_item_pos=0&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&r

Mercado Libre. (2021). *Impermeabilizante De Paredes Sika Fill 100 Super*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-616625371-impermeabilizante-de-paredes-sika-fill-100-super-45-klg-_JM#reco_item_pos=3&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=9115b6f2-29f1-4c2a-b

Mercado Libre. (2021). *Productos impermeabilizantes humedades*. Obtenido de Sikamur *Injectocream-100 Humedad En Las Paredes Y Muros*: <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-572417132-sikamur-injectocream-100->

- humedad-en-las-paredes-y-muros-
 _JM?matt_tool=44486290&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=1153
 7840152&matt_ad_group_id=115404097631&matt_match_type=&matt_network=g&matt
- Muñoz, M. (2004). *Patologías en la edificación de viviendas sociales, especialmente con la humedad*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/bmfcim971p/pdf/bmfcim971p.pdf>
- OMS. (2009). *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould, 2009*. Obtenido de Higiene Ambiental: <https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/who-indoor-air-mould.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 227-232.
- Pabón, N. (2008). *Humedad y filtraciones, ¿quién responde?* Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3090647>
- Pintuco. (2021). *Pintura Viniltex Antihumedad*. Obtenido de <https://pintuco.com.co/productos/pintura-viniltex-antihumedad/>
- Pipirate, T. (2017). *Humedades en Edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas*. Obtenido de Universitat Politècnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/110842/Pipiraite%20-%20CSA-F0108%20HUMEDADES%20EN%20EDIFICACI%c3%93N.%20ESTUDIO%20DESDE%20SU%20ORIGEN%20HASTA%20LA%20ACTUALIDAD%2c%20Y%20AP....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Portafolio. (2017). *Estos son los efectos del cambio climático en la economía colombiana*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/algunos-efectos-del-cambio-climatico-en-la-colombiana-507735>
- Rivera, L. (2012). *RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN Y SOLUCIÓN DE LA HUMEDAD POR CONDENSACIÓN EN VIVIENDAS*. Obtenido de repositorio.uchile.cl: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111350/cf-rivera_lc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, J. (2018). *Estudio de las humedades agresivas en viviendas de la urbanización Villa María, Jaén*. Obtenido de repositorio.unc.edu.pe: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2072>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Sánchez, C. (2017). *FLIR lanza la tecnología de medición guiada por infrarrojo para reparaciones eléctricas*. Obtenido de energynews: <https://www.energynews.es/flir-lanza-la-tecnologia-de-medicion-por-infrarrojo/>
- Univalle. (2016). Reparación de Humedades. *Revista Univalle*, 96-146.
- Vivienda Saludable. (2019). *Humedades por capilaridad: Detección y soluciones*. Obtenido de vivienda Saludable: <https://www.viviendasaludable.es/confort-bienestar/ventilacion-humedades/soluciones-para-las-humedades-por-capilaridad>