

Patologías de humedad en vivienda de interés social (VIS): análisis del edificio Torres de San Luis en San Juan de Pasto y lineamientos de mejora técnica y normativa

Autores: Muriel Solarte Angela Nathalia¹, Pinzón Santos Mabel Yadira²

Tutor: Walter Mauricio Barreto Castillo³

¹ *Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.*

angela.solartemur@usantotomas.edu.co

² *Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.*

mabel.santospin@usantotomas.edu.co

³ *Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.*

walterbarreto@usta.edu.co

1. Resumen

El presente estudio analiza las manifestaciones de humedad en edificaciones de vivienda de interés social (VIS) en Colombia, tomando como caso de estudio el edificio Torres de San Luis en San Juan de Pasto, Nariño. El objetivo fue identificar los mecanismos de ingreso de humedad, evaluar su relación con las condiciones constructivas y verificar su correspondencia con la normativa técnica nacional, con el fin de formular lineamientos técnicos de intervención aplicables a contextos similares.

La metodología combinó inspección técnica in situ, registro sistemático de daños y la aplicación de ensayos no destructivos como termografía infrarroja, mediciones higrométricas, esclerometría y velocidad de pulso ultrasónico. Los resultados evidencian filtración lateral por presión hidrostática, humedad ascendente por capilaridad, condensación interior y fallas en sistemas de impermeabilización, asociadas principalmente a la ausencia de drenaje perimetral, deficiencias constructivas y condiciones ambientales de alta humedad relativa.

El análisis normativo, basado en la NSR-10, NTC e IDU, evidenció un cumplimiento estructural básico, pero deficiencias significativas en durabilidad, impermeabilización y manejo hidráulico. A partir de estos hallazgos, se proponen lineamientos técnicos de mejora basados en

drenaje profundo, impermeabilización, control de escorrentía y ventilación, orientados a mejorar la durabilidad y habitabilidad de edificaciones VIS.

Palabras clave: humedad en edificaciones, vivienda de interés social, diagnóstico técnico, durabilidad constructiva, Pasto.

2. Introducción

La humedad es uno de los principales agentes de deterioro en edificaciones, debido a su capacidad para afectar la durabilidad de los materiales, el desempeño de los sistemas constructivos y las condiciones de habitabilidad interior. En el contexto de la vivienda de interés social en Colombia, este fenómeno se presenta con alta frecuencia y suele estar asociado a deficiencias en el diseño, la ejecución y el mantenimiento de las edificaciones.

En regiones andinas como San Juan de Pasto, caracterizadas por alta humedad relativa, precipitaciones frecuentes y condiciones térmicas variables, el comportamiento higrotérmico de los materiales favorece la acumulación de humedad y la aparición de daños constructivos. Estas condiciones incrementan la vulnerabilidad de las edificaciones, especialmente cuando no se implementan estrategias adecuadas de drenaje e impermeabilización.

En este contexto, el presente estudio aborda el análisis de las manifestaciones de humedad en el edificio Torres de San Luis, mediante un enfoque de diagnóstico técnico apoyado en ensayos no destructivos y verificación normativa. Más allá de la identificación de daños, la investigación se orienta a la formulación de lineamientos técnicos de intervención y prevención aplicables a proyectos VIS en condiciones climáticas similares, con el fin de mejorar su durabilidad, desempeño y habitabilidad.

3. Planteamiento del problema

Las edificaciones VIS en Colombia presentan frecuentemente deficiencias en su desempeño frente a la humedad, derivadas de limitaciones en el diseño, ejecución constructiva y mantenimiento. Estas condiciones favorecen la aparición temprana de daños que afectan tanto la vida útil de los materiales como la calidad del ambiente interior.

En el caso del edificio Torres de San Luis, se evidencian manifestaciones recurrentes de humedad como filtraciones, condensaciones y deterioro de acabados, lo que refleja una interacción compleja entre condiciones ambientales, características del terreno y deficiencias constructivas.

A pesar de la recurrencia de estos problemas, muchos diagnósticos se limitan a observaciones superficiales, sin integrar herramientas técnicas que permitan comprender las causas reales del fenómeno. En este sentido, surge la necesidad de aplicar metodologías más completas que permitan no solo identificar los daños, sino establecer relaciones causales y proponer soluciones técnicas fundamentadas.

Pregunta de investigación:

¿Cómo influyen las condiciones constructivas, ambientales y de mantenimiento en la presencia de humedad en el edificio VIS Torres de San Luis, y de qué manera su diagnóstico técnico, mediante ensayos no destructivos, permite formular lineamientos de intervención y mejora conforme a la normativa vigente?

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Formular lineamientos técnicos y recomendaciones normativas orientadas a la prevención y mitigación de patologías de humedad en proyectos futuros de vivienda VIS en contextos andinos.

4.2 Objetivos específicos

Identificar las manifestaciones de humedad presentes en el edificio Torres de San Luis, clasificándolas según su tipo, localización y grado de afectación mediante observación directa y ensayos no destructivos.

Determinar las causas técnicas, constructivas, de diseño y de mantenimiento que inciden en la aparición de las patologías de humedad en el caso de estudio.

Evaluar la correspondencia entre las condiciones constructivas del edificio y los parámetros establecidos por la normativa nacional vigente (NTC, NSR-10, IDU).

5. Marco teórico y Conceptual

La patología de la construcción es la disciplina que estudia los procesos de deterioro, fallas y alteraciones que afectan a los materiales y sistemas constructivos de las edificaciones, con el propósito de identificar sus causas y establecer estrategias de prevención, mantenimiento y rehabilitación que garanticen la durabilidad y el adecuado desempeño de las estructuras (Allen & Iano, 2016). En el contexto de la vivienda de interés social (VIS), este campo adquiere especial

relevancia, debido a que las limitaciones económicas y técnicas pueden influir en la selección de materiales, los procesos constructivos y el control de calidad durante la ejecución de las obras.

Dentro de los procesos de deterioro más frecuentes en edificaciones residenciales se encuentran aquellos asociados a la humedad, los cuales pueden originarse por diferentes mecanismos físicos como filtraciones en cubiertas y fachadas, infiltraciones provenientes del suelo, humedad ascendente por capilaridad y fenómenos de condensación interna relacionados con deficiencias en ventilación o aislamiento térmico (Hens, 2012). La presencia prolongada de humedad en los materiales genera efectos como eflorescencias, desprendimiento de recubrimientos, proliferación de microorganismos y degradación progresiva de morteros y mamposterías. Estas condiciones no solo afectan el desempeño constructivo, sino también la calidad del ambiente interior y la salud de los ocupantes, especialmente en relación con enfermedades respiratorias y alergias (Organización Mundial de la Salud, 2010).

Las condiciones climáticas y ambientales constituyen un factor determinante en la aparición de estos procesos de deterioro. Variables como la precipitación, la humedad relativa y la temperatura inciden directamente en los fenómenos de absorción, evaporación y condensación del agua en los sistemas constructivos. En regiones con alta humedad ambiental, los materiales porosos como el concreto y la mampostería presentan mayor capacidad de absorción capilar, lo que favorece la acumulación de humedad en los elementos estructurales (Allen & Iano, 2016). En el caso de San Juan de Pasto, los niveles de humedad relativa cercanos al 80% incrementan la probabilidad de aparición de filtraciones, infiltraciones y condensaciones en edificaciones (IDEAM, 2023).

El diagnóstico de estos procesos requiere metodologías integrales que permitan identificar tanto las manifestaciones visibles como las causas que las originan. Para ello, además de la inspección visual, se emplean ensayos no destructivos (END) como la termografía infrarroja, los higrómetros de materiales, la esclerometría y los ensayos ultrasónicos, los cuales permiten evaluar el estado de los elementos constructivos sin alterar su integridad (Hens, 2012). La aplicación combinada de estas técnicas facilita la obtención de diagnósticos más precisos y fundamenta la formulación de lineamientos técnicos de intervención y prevención.

En Colombia, el diseño y la construcción de edificaciones están regulados por normativas orientadas a garantizar la seguridad, calidad y durabilidad de las estructuras. Entre estas se destaca el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), así como diversas

Normas Técnicas Colombianas (NTC) relacionadas con la calidad de los materiales, la impermeabilización y la protección frente a agentes ambientales. Estas disposiciones establecen criterios fundamentales para el control de la humedad y la durabilidad de los sistemas constructivos, los cuales deben ser considerados desde la etapa de diseño hasta la operación de las edificaciones.

5.1 Estado del arte

A nivel internacional, múltiples investigaciones han identificado la humedad como uno de los principales agentes de deterioro en edificaciones, debido a su capacidad de alterar las propiedades físico-mecánicas de los materiales y favorecer el desarrollo de microorganismos en ambientes interiores (CIB, 2010; Organización Mundial de la Salud, 2010). En Europa, se han desarrollado metodologías avanzadas de diagnóstico que integran inspecciones visuales con técnicas instrumentales como la termografía infrarroja y sensores higrométricos, permitiendo detectar infiltraciones ocultas y puentes térmicos en los sistemas constructivos (Hens, 2012).

En América Latina, los estudios se han enfocado principalmente en edificaciones de vivienda social, donde se ha evidenciado que los problemas asociados a la humedad se relacionan con deficiencias en los sistemas de impermeabilización, inadecuado manejo de drenajes y ausencia de mantenimiento preventivo (Pérez & Orozco, 2019; Souza & Ripper, 2020). Asimismo, se ha identificado que factores como la ventilación insuficiente y las condiciones climáticas locales influyen significativamente en la aparición de condensaciones en espacios interiores.

En el contexto colombiano, diversos estudios e informes institucionales han evidenciado que los procesos de deterioro asociados a la humedad son recurrentes en proyectos de vivienda de interés social, especialmente en muros, cubiertas y zonas húmedas. Estas problemáticas se vinculan principalmente con deficiencias en el diseño constructivo, fallas en los sistemas de impermeabilización y limitaciones en los programas de mantenimiento (Ministerio de Vivienda, 2022; IDU, 2021).

En regiones andinas como San Juan de Pasto, las condiciones climáticas caracterizadas por elevados niveles de humedad relativa y precipitaciones frecuentes incrementan la vulnerabilidad de las edificaciones frente a estos procesos de deterioro (IDEAM, 2023). En este contexto, el análisis del edificio Torres de San Luis permite no solo comprender los factores que inciden en la presencia de humedad en edificaciones VIS, sino también formular lineamientos técnicos

aplicables a futuros proyectos y a intervenciones en edificaciones existentes, orientados a mejorar la durabilidad, la habitabilidad y el desempeño constructivo en condiciones climáticas similares.

6. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, con alcance descriptivo y analítico, orientado al diagnóstico de manifestaciones de humedad en edificaciones de vivienda de interés social (VIS) y a la formulación de lineamientos técnicos para su control y prevención. El carácter aplicado se fundamentó en la generación de criterios de intervención transferibles a edificaciones con condiciones similares, mientras que el enfoque descriptivo permitió caracterizar las lesiones observadas en los elementos constructivos. El componente analítico facilitó establecer relaciones entre factores de diseño, ejecución, condiciones ambientales y prácticas de mantenimiento que inciden en la presencia de humedad.

El diseño metodológico correspondió a un estudio de caso, centrado en el edificio Torres de San Luis, ubicado en San Juan de Pasto (Nariño, Colombia). La selección del caso se justificó por la presencia recurrente de manifestaciones de humedad en distintos elementos constructivos, lo que lo convierte en un referente representativo para el análisis en edificaciones VIS en contextos climáticos húmedos de la región andina.

El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases. En la primera fase se realizó el diagnóstico técnico del edificio mediante inspección visual sistemática y registro de lesiones. En la segunda fase se evaluó el estado de los materiales mediante la aplicación de ensayos no destructivos. En la tercera fase se desarrolló el análisis causal y la evaluación normativa, contrastando las condiciones observadas con los lineamientos técnicos vigentes. Finalmente, en la cuarta fase se formularon propuestas de intervención orientadas al control de la humedad y al mejoramiento de la durabilidad y habitabilidad de la edificación.

El área de estudio corresponde al edificio Torres de San Luis, localizado en el barrio La Floresta del municipio de San Juan de Pasto. Esta zona presenta condiciones climáticas propias del contexto andino, caracterizadas por alta humedad relativa, precipitaciones frecuentes y temperaturas moderadas. De acuerdo con datos del IDEAM (2023), la humedad relativa promedio se sitúa alrededor del 80 %, condición que favorece procesos de absorción capilar, infiltración y condensación en los sistemas constructivos, afectando su comportamiento higrotérmico.

Para la recolección de información se emplearon diversas técnicas complementarias. Se realizó una inspección visual técnica sistemática con el fin de identificar manifestaciones de humedad, tales como manchas, eflorescencias, desprendimiento de recubrimientos, presencia de moho y deterioro de acabados. Estas observaciones se consignaron en fichas de diagnóstico que incluyeron la localización, el elemento afectado, el tipo de lesión y su nivel de severidad. De manera complementaria, se llevó a cabo un registro fotográfico técnico que permitió documentar las condiciones observadas y soportar el análisis posterior, siendo referenciado en el documento como evidencia visual del estado de la edificación.

Con el fin de evaluar el estado de los materiales sin alterar su integridad, se aplicaron ensayos no destructivos. Se realizaron mediciones de humedad superficial y profunda mediante higrómetros digitales, permitiendo identificar niveles de saturación en muros y superficies. Asimismo, se utilizó termografía infrarroja para detectar diferencias térmicas asociadas a acumulación de humedad, filtraciones o puentes térmicos. Adicionalmente, se aplicaron ensayos de velocidad de pulso ultrasónico para evaluar la calidad del concreto y posibles afectaciones por exposición prolongada a la humedad, y ensayos de esclerometría para estimar la resistencia superficial y detectar posibles pérdidas asociadas al deterioro.

Como complemento al análisis técnico, se aplicaron encuestas semiestructuradas a residentes del edificio, con el objetivo de identificar la frecuencia de aparición de humedad, condiciones de ventilación, prácticas de mantenimiento y percepción de confort interior. Esta información permitió integrar la dimensión técnica con la experiencia de los usuarios en términos de habitabilidad.

El análisis normativo se realizó mediante la comparación de las condiciones constructivas observadas con los lineamientos establecidos en la normativa colombiana vigente, incluyendo el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y Normas Técnicas Colombianas relacionadas con impermeabilización, materiales y mantenimiento. De manera complementaria, se revisó literatura técnica sobre sistemas de drenaje, impermeabilización y control de humedad en estructuras en contacto con el terreno, identificando soluciones basadas en drenajes perimetrales, geotextiles filtrantes y membranas impermeables, utilizadas para reducir la presión hidrostática y mejorar el desempeño de las edificaciones.

A partir de la información recopilada, se desarrolló un análisis causal que consideró factores de diseño, constructivos, ambientales y de mantenimiento. Este análisis permitió

La integración de la inspección visual, el registro fotográfico, los ensayos no destructivos, las encuestas a residentes y el análisis normativo permitió construir un diagnóstico técnico integral del edificio. Este enfoque metodológico no solo permitió identificar las condiciones de humedad presentes, sino también fundamentar la formulación de lineamientos técnicos orientados a mejorar la durabilidad, la habitabilidad y el desempeño de edificaciones VIS en contextos climáticos similares.

7.1 Identificar las manifestaciones de humedad presentes en el edificio Torres de San Luis, clasificándolas según su tipo, localización y grado de afectación mediante observación directa y ensayos no destructivos.

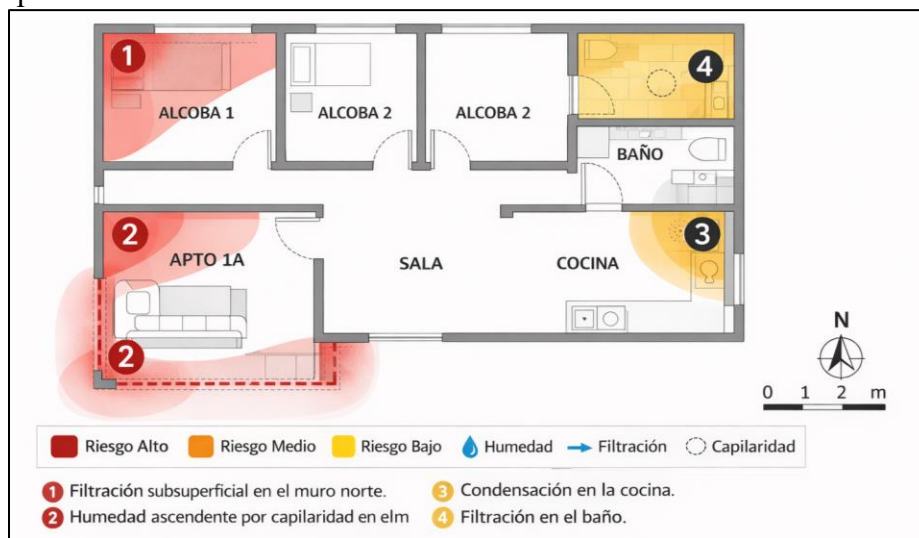
El conjunto residencial Torres de San Luis se localiza en un sector con pendiente natural, colindante con una vía perimetral y un talud superior desde el cual se generan escorrentías superficiales y flujos subsuperficiales hacia la edificación. Durante la inspección de campo se

evidenció la ausencia de sistemas de drenaje profundo perimetral, así como condiciones del terreno que favorecen la acumulación de humedad en contacto directo con la estructura.

Esta condición territorial constituye un factor determinante en la presencia de humedad en los apartamentos del primer nivel, particularmente en los muros perimetrales en contacto con el suelo. Desde el punto de vista técnico, este escenario indica la necesidad de incorporar soluciones de manejo hidráulico externo como estrategia prioritaria de intervención, orientada a reducir la presión hidrostática y controlar el ingreso de agua hacia los elementos constructivos.

Como se muestra en la Figura 2, se identifican patologías por humedad como filtración subsuperficial, capilaridad en muros, condensación en la cocina y filtraciones en el baño. Estas evidencias reflejan la influencia de las condiciones del terreno en el ingreso de humedad y en el comportamiento higrotérmico de la edificación.

Figura 2. Inspección visual



Fuente: Propia de este documento, 2026

Resultados de la inspección visual

La inspección visual permitió identificar manifestaciones de humedad distribuidas en diferentes elementos constructivos del edificio, principalmente en muros interiores, cielos rasos y zonas con baja ventilación. Estas manifestaciones incluyen manchas oscuras, colonización biológica (moho), deterioro de recubrimientos, decoloración de acabados y presencia localizada de eflorescencias como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Manifestaciones de humedad identificadas durante la inspección visual

Manifestación patológica	Elemento afectado	Ubicación principal	Interpretación técnica
Manchas oscuras	Muros y cielos rasos	Habitaciones y corredores	Indican acumulación de humedad y procesos de evaporación superficial
Colonización biológica (moho)	Muros interiores	Esquinas y zonas con ventilación limitada	Asociada a alta humedad relativa y condensación superficial
Deterioro de pintura	Muros interiores	Base de muros y zonas cercanas a ventanas	Pérdida de adherencia por humedad persistente
Eflorescencias	Muros de mampostería	Sectores del primer nivel	Migración de sales solubles transportadas por humedad
Decoloración de acabados	Revoques y pintura	Muros interiores	Evidencia prolongada exposición a humedad

Fuente: Elaboración propia a partir de inspección visual y registro fotográfico (2026).

Se observó que las manchas de humedad en muros y techos presentan bordes irregulares y tonalidades variables, lo que sugiere procesos activos de ingreso y evaporación de agua. La colonización biológica se concentra en esquinas y áreas con circulación limitada de aire, evidenciando condiciones favorables para la condensación superficial.

En la base de los muros del primer nivel se identificaron eflorescencias y deterioro del revoque hasta alturas aproximadas de 1.20 m, patrón característico de ascenso capilar. Asimismo, se evidenció pérdida de adherencia de la pintura y degradación de acabados, asociadas a la persistencia de humedad en los materiales.

La recurrencia de estas manifestaciones en múltiples viviendas indica que el fenómeno no es localizado, sino sistemático, con un grado de afectación medio a alto. Desde el punto de vista técnico, estos resultados evidencian la necesidad de intervenciones diferenciadas según el mecanismo de ingreso de humedad, incluyendo control de capilaridad, mejora de ventilación y rehabilitación de acabados.

Resultados de ensayos no destructivos

La aplicación de ensayos no destructivos como se observa en la Tabla 2, permitió complementar el diagnóstico visual mediante la evaluación del comportamiento higrotérmico de los materiales y la detección de humedad interna no visible.

Tabla 2. Resultados de los ensayos no destructivos aplicados

Ensayo	Parámetro evaluado	Resultado obtenido	Interpretación técnica
Higrómetro	Contenido de humedad	12.4 % – 15.8 %	Humedad activa en muros del primer nivel
Termografía infrarroja	Diferencial térmico	2.6 °C – 4.2 °C	Presencia de humedad interna en materiales
Velocidad de pulso ultrasónico	Velocidad de propagación	3150 m/s (nivel 1) / 3950 m/s (niveles superiores)	Posible afectación por humedad en elementos cercanos al terreno
Medición ambiental	Humedad relativa	82 %	Condiciones favorables para condensación
Medición ambiental	Temperatura interior	16.2 °C	Temperaturas cercanas al punto de rocío
Punto de rocío	Temperatura crítica	13.1 °C	Riesgo de condensación en superficies frías
Ensayo de infiltración	Tiempo de aparición de humedad	18 minutos	Posibles fallas en impermeabilización de fachada

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos no destructivos (2026).

Las mediciones higrométricas registraron valores entre 12.4% y 15.8% en muros del primer nivel, significativamente superiores al valor de referencia ($\leq 5\%$), lo que confirma la presencia de humedad activa en zonas en contacto con el terreno. En niveles superiores, los valores disminuyen progresivamente, evidenciando una relación directa con la proximidad al suelo.

El análisis termográfico identificó diferenciales térmicos entre 2.6°C y 4.2°C, con zonas frías continuas en la base de los muros hasta aproximadamente 1.30m de altura. Este patrón es consistente con procesos de evaporación asociados a humedad interna, lo que refuerza la hipótesis de ingreso de agua desde el terreno.

Los ensayos de velocidad de pulso ultrasónico evidenciaron valores inferiores en elementos estructurales del primer nivel, lo que sugiere una posible afectación en la calidad del concreto asociado a exposición prolongada a la humedad. Aunque no se identifican fallas estructurales inmediatas, estos resultados indican una disminución potencial en la durabilidad de los materiales.

El monitoreo ambiental registró una humedad relativa interior promedio del 82%, con temperaturas cercanas al punto de rocío, lo que genera condiciones propicias para la condensación en superficies frías, especialmente en esquinas interiores.

Adicionalmente, el ensayo de infiltración controlada evidenció el ingreso de humedad al interior en un tiempo aproximado de 18 minutos, confirmando deficiencias en los sistemas de impermeabilización de fachada.

En conjunto, estos resultados técnicos permiten establecer que la humedad presente en la edificación es activa, persistente y asociada a múltiples mecanismos de ingreso, lo que implica la necesidad de intervenciones integrales que combinen soluciones externas e internas.

Clasificación integrada de las manifestaciones de humedad

Tabla 3. Clasificación de mecanismos de humedad identificadas

Tipo de patología	Manifestación observable	Causa probable	Nivel de incidencia
Filtración lateral subsuperficial	Manchas en muros del primer nivel	Presión hidrostática y ausencia de drenaje perimetral	Alta
Humedad ascendente por capilaridad	Manchas ascendentes en base de muros	Absorción capilar desde el terreno	Alta
Filtración en cubiertas	Manchas en cielos rasos	Fallas en impermeabilización de terrazas	Media
Condensación interior	Colonización biológica en esquinas	Alta humedad relativa y ventilación insuficiente	Media

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis integrado de resultados (2026).

A partir de la integración de la inspección visual y los ensayos realizados, se identificaron cuatro mecanismos principales de ingreso de humedad en la edificación (Tabla 3):

- Filtración lateral subsuperficial, asociada a la presión hidrostática generada por el terreno y la ausencia de drenaje perimetral.
- Humedad ascendente por capilaridad, evidenciada en la base de los muros del primer nivel.
- Filtraciones en cubiertas y terrazas, relacionadas con deficiencias en impermeabilización.
- Condensación interior, asociada a condiciones microclimáticas y ventilación insuficiente.

Entre estos mecanismos, la filtración lateral y la capilaridad presentan el mayor nivel de incidencia y severidad, lo que las posiciona como prioridades de intervención. Esta clasificación permite orientar técnicamente las soluciones, estableciendo que el control del agua proveniente del

terreno debe abordarse como acción principal, seguido por intervenciones en cubiertas y mejora de condiciones de ventilación.

Síntesis diagnóstica orientada a intervención

Los resultados obtenidos evidencian que las manifestaciones de humedad en el edificio Torres de San Luis presentan un carácter activo, progresivo y sistémico, con mayor incidencia en el primer nivel de la edificación como se observa a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Síntesis diagnóstica de las patologías de humedad

Factor	Evidencia encontrada	Impacto en la edificación
Condiciones topográficas	Presencia de talud posterior	Favorece escorrentías hacia la estructura
Ausencia de drenaje perimetral	Humedad en muros del primer nivel	Incrementa filtración lateral
Alta humedad ambiental	82 % HR interior	Condiciones favorables para condensación
Contacto directo con el terreno	Humedad entre 12.4 % y 15.8 %	Desarrollo de capilaridad
Deficiencias en impermeabilización	Infiltración detectada en 18 minutos	Filtraciones en fachada

Fuente: Elaboración propia (2026).

El análisis integrado indica que la principal fuente de humedad proviene del ingreso de agua desde el terreno, asociado a la pendiente y la falta de drenaje perimetral. Como se observa en la Figura 3, esto genera filtraciones subsuperficiales y humedad ascendente en los niveles inferiores, complementadas por filtraciones en cubierta y condensación en zonas superiores.

Estos hallazgos orientan la intervención hacia el control hidráulico externo, la impermeabilización y la mejora de la ventilación interior, como medidas clave para optimizar el desempeño de la edificación.

Figura 3. Análisis integrado



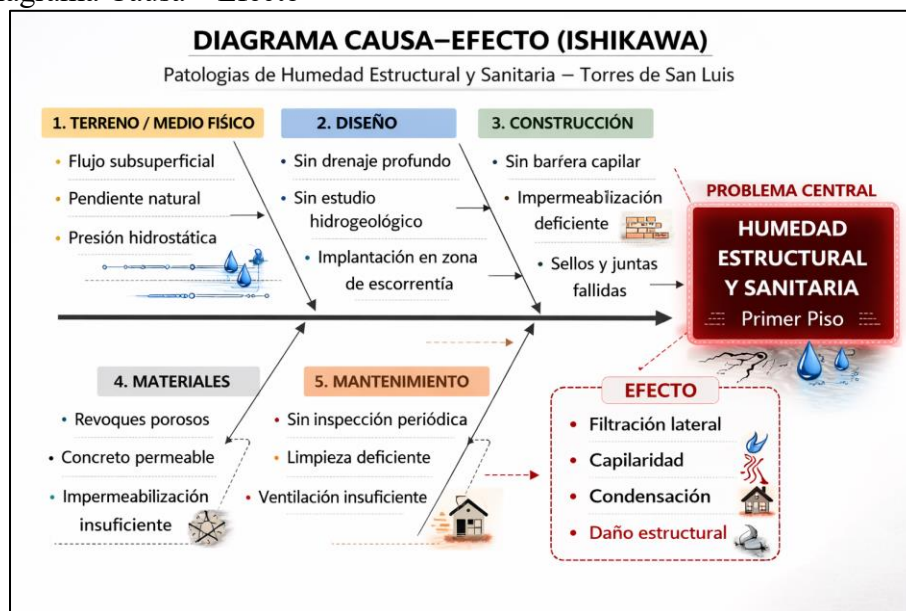
Fuente: Propia de este documento, 2026.

7.2 Determinar las causas técnicas, constructivas, de diseño y de mantenimiento que inciden en la aparición de las patologías de humedad en el caso de estudio.

A partir del diagnóstico técnico del edificio Torres de San Luis, se realizó un análisis para identificar las causas de las patologías por humedad. Como se muestra en la Figura 4, estas se originan por la interacción de factores del terreno, diseño, construcción, materiales y mantenimiento, destacándose la ausencia de drenaje, deficiencias de impermeabilización y condiciones inadecuadas de ventilación.

Los resultados evidencian que la humedad responde a un comportamiento multifactorial que incide tanto en su aparición como en el deterioro progresivo de la edificación.

Figura 4. Diagrama Causa – Efecto



Fuente: Propia de este documento, 2026

Enfoque metodológico del análisis causal

Para la identificación de las causas se aplicó un enfoque de análisis multivariable, basado en la correlación entre los resultados obtenidos mediante inspección visual, ensayos no destructivos y análisis normativo. Este enfoque permitió establecer relaciones causa – efecto entre las condiciones identificadas y las manifestaciones de humedad presentes en la edificación.

Las causas fueron clasificadas en cuatro categorías principales: causas técnicas asociadas al medio físico, causas constructivas relacionadas con la ejecución de obra, causas de diseño vinculadas con la concepción del proyecto y causas de mantenimiento asociadas a la operación del edificio.

Causas técnicas asociadas al medio físico

Las causas técnicas corresponden a condiciones propias del entorno natural, particularmente del comportamiento hidráulico del suelo y las condiciones climáticas locales. Entre los factores identificados se destaca como se observa en la Tabla 5, la presencia de flujo subsuperficial proveniente del talud posterior, evidenciado por un nivel freático aproximado a 1.25 m de profundidad, lo que genera presión hidrostática sobre los muros perimetrales del primer nivel.

Tabla 5. Causas técnicas identificadas

Código	Causa técnica	Evidencia encontrada	Impacto generado
CT-01	Flujo subsuperficial proveniente del talud	Nivel freático aproximado a 1.25 m	Presión hidrostática lateral
CT-02	Pendiente natural del terreno hacia el edificio	Observación topográfica	Escorrentía dirigida hacia la edificación
CT-03	Alta humedad relativa ambiental	Promedio de 82 %	Condiciones favorables para condensación
CT-04	Posible presencia de agua subterránea	Saturación del terreno reportada por residentes	Humedad permanente en el subsuelo

Fuente: Propia de este documento, 2026

Adicionalmente, la pendiente natural del terreno hacia el edificio favorece la escorrentía superficial dirigida hacia la estructura, incrementando la acumulación de agua en contacto con los elementos constructivos. A esto se suma la alta humedad relativa ambiental, con valores promedio cercanos al 82%, lo que genera condiciones favorables para procesos de condensación en espacios interiores.

Estas condiciones indican que el edificio se encuentra en un entorno con alta susceptibilidad a la presencia de humedad, donde el comportamiento hidráulico del terreno actúa como un factor determinante en la generación de filtraciones laterales y procesos de saturación en los materiales.

Causas constructivas

Las causas constructivas están asociadas a deficiencias en la ejecución de los sistemas de protección contra la humedad durante la construcción del edificio. Se evidenció la ausencia de un sistema de drenaje perimetral profundo, lo cual impide la evacuación adecuada del agua acumulada en el terreno y favorece la generación de presión hidrostática sobre los muros en contacto con el suelo.

Tabla 6. Causas constructivas identificadas

Código	Causa constructiva	Evidencia	Consecuencia
CC-01	Ausencia de drenaje perimetral profundo	No se identifican sistemas visibles de drenaje	Acumulación de presión hidrostática
CC-02	Impermeabilización vertical insuficiente	Ensayo de infiltración positivo	Filtración lateral

CC-03	Ausencia o deficiencia de barrera capilar	Humedad ascendente hasta 1.20 m	Capilaridad
CC-04	Sellado deficiente de juntas constructivas	Infiltración en fachada norte	Humedad intermitente
CC-05	Impermeabilización deteriorada en terrazas	Diferencial térmico de 4.2 °C (termografía)	Filtración superior

Fuente: Propia de este documento, 2026

Asimismo, se identificaron deficiencias en la impermeabilización vertical de los muros, corroboradas mediante el ensayo de infiltración, lo que permite el ingreso directo de agua hacia el interior de la edificación. También se evidenció la ausencia o insuficiencia de barreras capilares en la cimentación, lo que facilita el ascenso de humedad por capilaridad en los muros del primer nivel.

De igual manera, se observaron sellos deficientes en juntas constructivas y deterioro en los sistemas de impermeabilización de terrazas, lo cual contribuye a la aparición de filtraciones puntuales en cubiertas.

En conjunto, estas condiciones evidencian una deficiencia en la implementación de sistemas de protección hídrica, fundamentales para garantizar la durabilidad de los elementos constructivos.

Causas de diseño

Las causas de diseño se relacionan con decisiones tomadas durante la fase de concepción del proyecto. Se identificó que el edificio fue implantado en una zona con pendiente natural y presencia de escorrentía, sin que se evidencien soluciones técnicas suficientes para el manejo del agua superficial y subsuperficial.

Tabla 7. Causas de diseño identificadas

Código	Causa de diseño	Evidencia	Impacto
CD-01	Implantación en zona de escorrentía natural	Edificio ubicado junto a talud	Exposición permanente a humedad
CD-02	Ausencia de drenaje profundo en el diseño	No se identifican sistemas proyectados	Vulnerabilidad frente a presión hidrostática
CD-03	Posible insuficiencia en estudios hidrogeológicos	Ausencia de medidas de mitigación	Riesgo de filtración subsuperficial
CD-04	Ventilación natural limitada	Humedad interior elevada	Condensación

Fuente: Propia de este documento, 2026

La ausencia de un sistema de drenaje profundo en el diseño original y la posible insuficiencia en la caracterización hidrogeológica del terreno indican que las condiciones hidráulicas del entorno no fueron plenamente consideradas. Esto genera una alta vulnerabilidad de la edificación frente a fenómenos de filtración y presión hidrostática.

Adicionalmente, se identificaron limitaciones en el diseño de ventilación natural, lo que contribuye a la acumulación de humedad en espacios interiores y favorece la aparición de condensación.

Estas evidencias permiten establecer que las decisiones de diseño tienen una incidencia directa en la aparición de las manifestaciones de humedad, al no incorporar medidas preventivas acordes con las condiciones del entorno.

Causas asociadas al mantenimiento

Las causas de mantenimiento corresponden a factores relacionados con la operación y gestión del edificio durante su vida útil. Se identificó (Tabla 8) la presencia de obstrucciones en sistemas de drenaje superficial, asociadas a la falta de limpieza periódica de terrazas y canales, lo que favorece la acumulación de agua y la aparición de filtraciones puntuales.

Tabla 8. Causas de mantenimiento identificadas

Código	Causa	Evidencia	Consecuencia
CM-01	Limpieza insuficiente de terrazas y canales	Obstrucciones parciales	Filtración puntual
CM-02	Ausencia de inspecciones técnicas periódicas	Falta de intervenciones tempranas	Progresión del deterioro
CM-03	Ventilación interior limitada	Presencia de humedad y moho	Condensación

Fuente: Propia de este documento, 2026

Asimismo, se evidenció la ausencia de programas de inspección técnica periódica, lo que impide la detección temprana de fallas y contribuye a la progresión del deterioro. La ventilación interior limitada en algunas viviendas también influye en la persistencia de condiciones de alta humedad relativa, favoreciendo procesos de condensación.

No obstante, estos factores tienen una incidencia secundaria en comparación con las causas de diseño y constructivas, actuando principalmente como elementos que agravan o aceleran los procesos existentes.

Relación entre causas y manifestaciones de humedad

El análisis integrado permitió establecer que las manifestaciones de humedad identificadas presentan una relación directa con múltiples factores. La filtración lateral se asocia principalmente a la combinación de condiciones del terreno, ausencia de drenaje y deficiencias de diseño. La humedad ascendente por capilaridad se relaciona con la falta de barreras capilares y la interacción con el suelo húmedo.

Tabla 9. Relación causal de las patologías identificadas

Patología	Técnica	Constructiva	Diseño	Mantenimiento	Causa predominante
Filtración lateral	✓	✓	✓	✗	Diseño + constructiva
Capilaridad	✓	✓	✓	✗	Constructiva
Filtración en terrazas	✗	✓	✓	✓	Constructiva
Condensación	✓	✗	✓	✓	Ambiental + diseño

Fuente: Propia de este documento, 2026

Las filtraciones en terrazas se vinculan con deficiencias en impermeabilización y mantenimiento, mientras que la condensación interior responde a la interacción entre condiciones ambientales y limitaciones en ventilación.

Jerarquización de los factores causales

A partir del análisis realizado se estableció un orden de incidencia de los factores causales, donde las causas de diseño presentan la mayor influencia, seguidas por las causas constructivas. En tercer lugar, se encuentran las condiciones técnicas del entorno como factores condicionantes, mientras que las causas de mantenimiento tienen una incidencia menor, asociada principalmente a la evolución de los procesos de deterioro.

Conclusión técnica del objetivo 2

El análisis causal demuestra que las manifestaciones de humedad en el edificio Torres de San Luis son el resultado de la interacción entre condiciones del entorno, decisiones de diseño, deficiencias constructivas y factores de mantenimiento.

Se evidencia que las principales causas están asociadas a la ausencia de sistemas adecuados de drenaje y protección contra la humedad, así como a la falta de consideración de las condiciones hidráulicas del terreno durante la etapa de diseño. Estas condiciones, combinadas con las características climáticas del entorno, generan un escenario propicio para la presencia persistente de humedad en los elementos constructivos.

En este sentido, los resultados obtenidos no solo permiten comprender las causas del deterioro, sino que constituyen la base para la formulación de lineamientos técnicos orientados a mejorar el diseño, la construcción y la gestión del mantenimiento en proyectos de vivienda de interés social en contextos similares.

7.3 Evaluar la correspondencia entre las condiciones constructivas del edificio y los parámetros establecidos por la normativa nacional vigente (NTC, NSR-10, IDU).

Marco normativo evaluado

La evaluación normativa del edificio Torres de San Luis se realizó mediante la comparación entre las condiciones constructivas identificadas durante el diagnóstico técnico y los criterios establecidos en la normativa colombiana vigente, con énfasis en aspectos de durabilidad, protección frente a la humedad y manejo de aguas.

Para ello, se consideraron como referentes el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), las Normas Técnicas Colombianas (NTC) relacionadas con concreto e impermeabilización, y las especificaciones técnicas del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) como referencia nacional en diseño de sistemas de drenaje.

Este análisis no se limitó a una verificación formal de cumplimiento, sino que se orientó a evaluar la correspondencia real entre la normativa y el desempeño observado del edificio, particularmente en relación con los procesos de deterioro asociados a la humedad identificados en el Objetivo 1.

Criterios de evaluación

Se establecieron tres niveles de correspondencia técnica con el fin de realizar una valoración objetiva:

- Cumple, cuando existe evidencia verificable de aplicación del requisito normativo.
- Cumplimiento parcial, cuando el criterio está presente de manera insuficiente o incompleta.
- No cumple, cuando no se evidencia implementación del requisito técnico.

Este esquema permitió no solo clasificar el nivel de cumplimiento, sino también identificar brechas entre la normativa y la práctica constructiva.

Evaluación frente a la NSR-10

El análisis frente a la NSR-10 se enfocó en los criterios de durabilidad estructural, condiciones geotécnicas y control de agentes agresivos como el agua.

Los resultados evidencian que, aunque el edificio mantiene condiciones de estabilidad estructural, existen deficiencias en la aplicación de criterios asociados a la durabilidad. En particular, no se identifican medidas efectivas para el control del nivel freático ni sistemas de alivio de presión hidrostática, lo que contrasta con los resultados del diagnóstico, donde se evidenció humedad activa en muros del primer nivel y posibles efectos en la calidad del concreto.

Asimismo, los valores obtenidos mediante ensayos de ultrasonido sugieren una disminución en la calidad de los materiales en zonas expuestas a humedad prolongada, lo que indica una aplicación parcial de los criterios de protección frente a agentes ambientales establecidos en la normativa.

En este sentido, se establece que la correspondencia con la NSR-10 es parcial, ya que, si bien se cumplen las condiciones de estabilidad, no se garantizan plenamente los requisitos de durabilidad frente a la acción del agua.

Evaluación frente a Normas Técnicas Colombianas (NTC)

El análisis frente a las NTC permitió evaluar la implementación de sistemas de impermeabilización y protección contra la humedad en la edificación.

Los resultados evidencian la ausencia de impermeabilización vertical continua en muros en contacto con el terreno, así como la falta de barreras capilares en la cimentación, lo cual se

relaciona directamente con las manifestaciones de humedad ascendente y filtración lateral identificadas en el diagnóstico.

Adicionalmente, se observaron deficiencias en el sellado de juntas constructivas y en los sistemas de impermeabilización de terrazas, lo que coincide con la presencia de filtraciones puntuales en cubiertas.

Estas condiciones indican un incumplimiento significativo de los lineamientos técnicos establecidos en las NTC, particularmente en lo relacionado con la protección de los elementos constructivos frente al agua, lo que repercute directamente en la durabilidad de la edificación.

Evaluación con referencia técnica IDU (manejo de drenajes)

La comparación con las especificaciones del IDU evidenció una ausencia total de sistemas de manejo hidráulico en el edificio, incluyendo drenaje perimetral, control de escorrentía superficial y mecanismos de alivio de presión hidrostática.

Esta condición resulta crítica si se considera que el edificio se encuentra en una zona con pendiente y presencia de flujo subsuperficial, tal como se evidenció en el análisis territorial. La falta de estas soluciones técnicas explica la recurrencia de filtraciones laterales y la acumulación de humedad en los muros del primer nivel.

En consecuencia, se establece un nivel de “no cumplimiento” en todos los criterios evaluados en relación con el manejo de aguas, lo cual representa la principal brecha técnica identificada en el estudio.

Síntesis de correspondencia normativa

La integración de los resultados permite establecer que el edificio presenta un nivel de cumplimiento predominantemente parcial o inexistente en los aspectos relacionados con la protección frente a la humedad.

En términos globales, no se identifican componentes con cumplimiento total, mientras que aproximadamente el 50% de los criterios evaluados corresponde a cumplimiento parcial y el 50% a incumplimiento, especialmente en lo relacionado con impermeabilización y drenaje.

Este resultado evidencia una desconexión entre los lineamientos técnicos establecidos en la normativa y su aplicación en el proyecto construido.

Análisis crítico integrado

El análisis normativo permite establecer que la problemática de humedad identificada en el edificio no se debe únicamente a condiciones ambientales, sino a una implementación insuficiente de los criterios técnicos establecidos en la normativa nacional.

Aunque la edificación cumple con los requisitos estructurales básicos en términos de estabilidad y seguridad sísmica, presenta deficiencias significativas en los sistemas de protección frente a la humedad, lo cual afecta directamente su durabilidad.

La ausencia de drenaje perimetral, la falta de impermeabilización vertical y la inexistencia de barreras capilares evidencian que los criterios de control de agua no fueron incorporados de manera efectiva durante las etapas de diseño y construcción.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados refuerzan la necesidad de integrar los criterios de durabilidad y manejo hidráulico desde la fase de diseño, especialmente en proyectos de vivienda de interés social ubicados en contextos climáticos húmedos.

Conclusión del objetivo 3

La evaluación normativa permite concluir que el edificio presenta un cumplimiento estructural formal en términos de estabilidad, pero una aplicación deficiente de los criterios relacionados con la durabilidad y la protección frente a la humedad.

Las principales brechas técnicas se concentran en la ausencia de sistemas de drenaje, la falta de impermeabilización en elementos en contacto con el terreno y la insuficiente consideración de las condiciones hidráulicas del entorno.

Si bien estas deficiencias no comprometen la estabilidad inmediata de la estructura, sí generan un impacto significativo en su vida útil y en las condiciones de habitabilidad, lo que justifica la implementación de estrategias de intervención orientadas a corregir dichas falencias y prevenir su recurrencia en futuros proyectos.

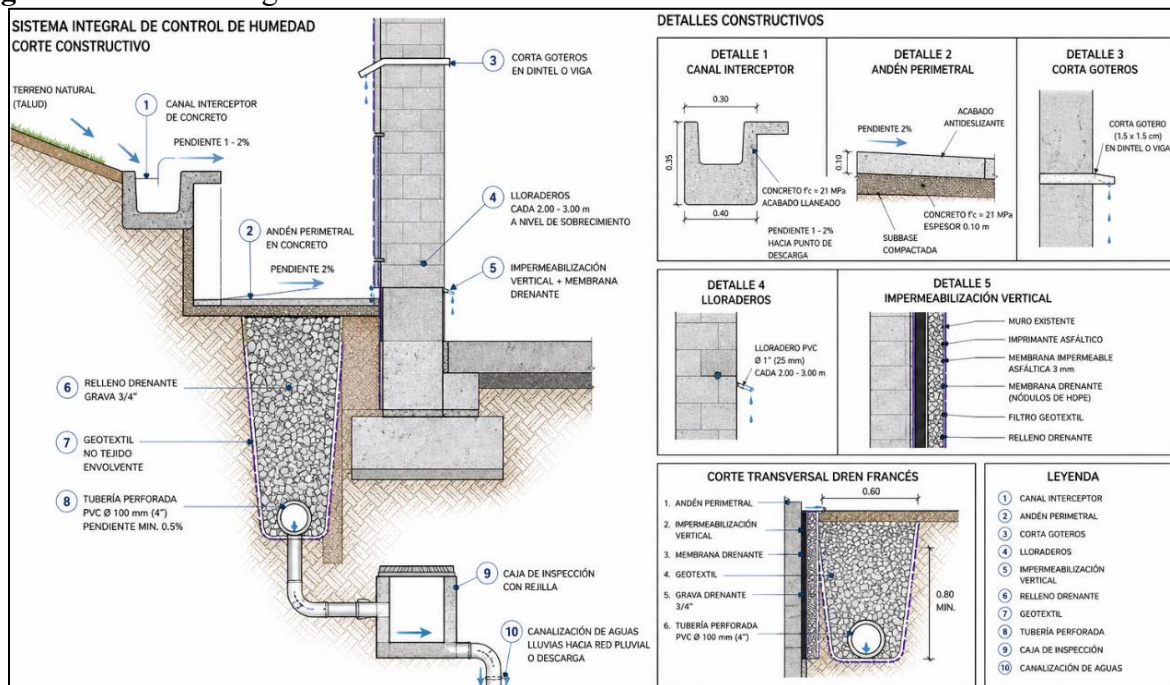
7.4 Propuestas

A partir del diagnóstico realizado, el análisis de causas y la verificación normativa, se establecen lineamientos técnicos de intervención orientados al control integral de la humedad en el edificio. Estas estrategias no se limitan a la corrección de las manifestaciones observadas, sino que buscan intervenir las causas que originan el ingreso y acumulación de agua en los sistemas constructivos,

particularmente aquellas relacionadas con la presión hidrostática del terreno, la ausencia de drenaje perimetral y las deficiencias en los sistemas de impermeabilización.

En este contexto, la intervención propuesta se fundamenta en un enfoque integral que articula soluciones de carácter hidráulico, constructivo y de habitabilidad, permitiendo controlar tanto las fuentes externas de humedad como los efectos internos derivados de su presencia.

Figura 6. Sistema integral de control de humedad



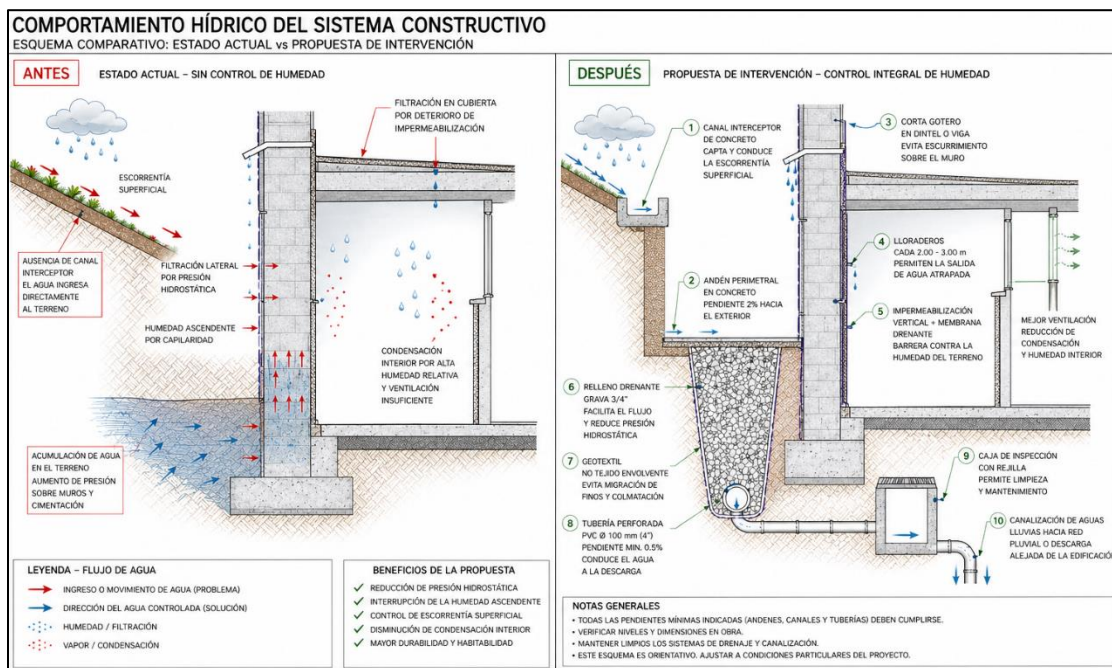
Fuente: Propia de este documento, 2026

Como se observa en la Figura 6, el sistema propuesto se materializa mediante un corte constructivo que integra los principales elementos técnicos requeridos para el control de la humedad en muros en contacto con el terreno. Este sistema incluye la implementación de un drenaje perimetral profundo tipo francés, conformado por tubería perforada envuelta en geotextil y material granular, cuya función es interceptar el flujo subsuperficial y reducir la presión hidrostática ejercida sobre los elementos estructurales. De manera complementaria, se plantea la aplicación de un sistema de impermeabilización vertical continua, protegido mediante membranas

drenantes, así como la incorporación de elementos como lloraderos y corta goteros que permiten evacuar el agua acumulada y evitar su ingreso a la estructura.

Desde una perspectiva funcional, el comportamiento del sistema hídrico se comprende con mayor claridad en la Figura 7, donde se presenta un esquema comparativo entre la condición actual del edificio y la situación proyectada tras la intervención. En el estado actual, el edificio presenta un comportamiento pasivo frente al agua, caracterizado por la ausencia de control de escorrentía superficial, infiltraciones laterales por presión hidrostática, humedad ascendente por capilaridad y procesos de condensación interior. En contraste, la propuesta de intervención transforma este comportamiento en un sistema activo de gestión del agua, mediante la incorporación de drenajes, canales interceptores, impermeabilización de muros y mejoras en ventilación, lo que permite controlar el flujo hídrico y reducir significativamente la incidencia de humedad en los elementos constructivos.

Figura 7. Diagrama Causa – Efecto



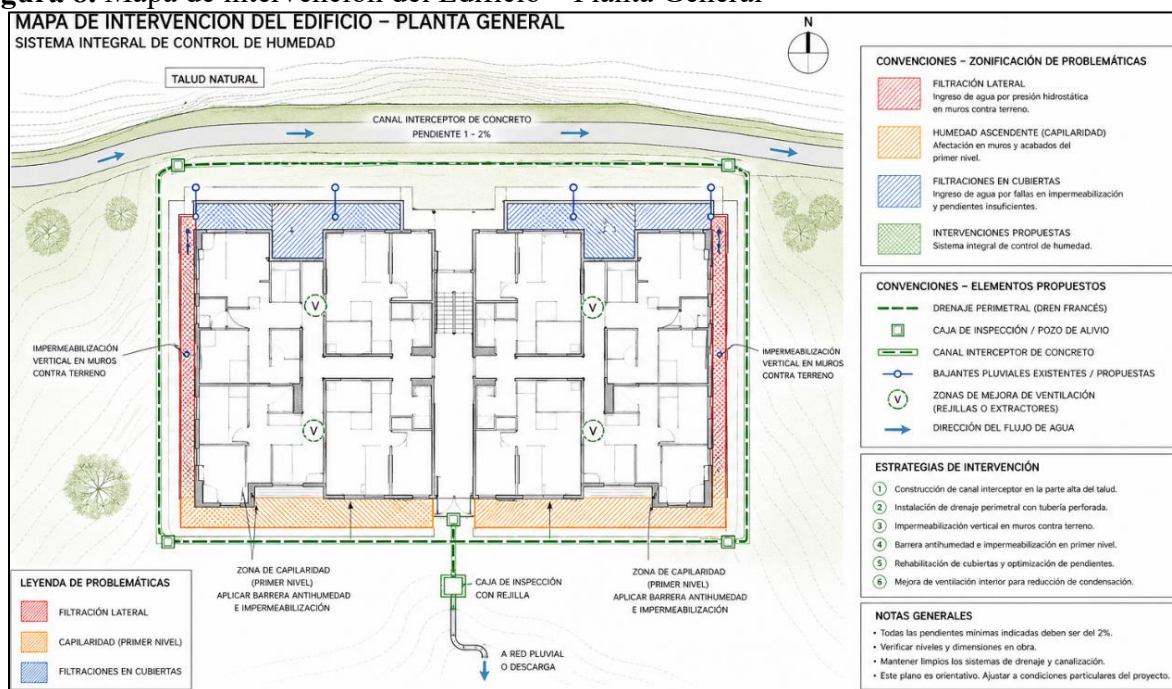
Fuente: Propia de este documento, 2026

La aplicación espacial de estas estrategias se detalla en la Figura 8, donde se presenta el mapa de intervención del edificio en planta general. En este plano se identifican las zonas de afectación por tipo de fenómeno, incluyendo filtración lateral en muros perimetrales, humedad

ascendente en el primer nivel y filtraciones en cubiertas. Asimismo, se localizan los elementos propuestos para su mitigación, tales como el drenaje perimetral, la impermeabilización vertical, el canal interceptor en el talud y las estrategias de ventilación interior. Esta representación permite establecer una relación directa entre las problemáticas identificadas y las soluciones planteadas, facilitando la planificación técnica de la intervención.

En términos de priorización, las estrategias orientadas al control hidráulico del terreno y la impermeabilización de los elementos en contacto con el suelo presentan el mayor impacto en la reducción de la humedad, por lo que deben ser implementadas como acciones de primera fase. Posteriormente, las intervenciones relacionadas con cubiertas y ventilación interior pueden desarrollarse como parte de un programa de mejoramiento progresivo.

Figura 8. Mapa de intervención del Edificio – Planta General



Fuente: Propia de este documento, 2026

En conjunto, las propuestas formuladas permiten pasar de un sistema constructivo vulnerable frente a la acción del agua a un sistema técnicamente controlado, en el cual se reduce la presión hidrostática, se interrumpe la humedad ascendente y se mejoran las condiciones de habitabilidad. Este enfoque no solo contribuye a mitigar las problemáticas identificadas en el caso de estudio,

sino que también establece lineamientos técnicos replicables en proyectos de vivienda de interés social ubicados en contextos climáticos similares.

8. Conclusiones y Recomendaciones

El estudio permitió caracterizar de manera precisa las manifestaciones de humedad presentes en la edificación, evidenciando su concentración en muros del primer nivel, cielos rasos y esquinas interiores, con patrones compatibles con filtración lateral, ascenso capilar, condensación y fallas en cubiertas. La integración de inspección visual y ensayos no destructivos confirmó que la humedad es activa, persistente y con mayor incidencia en zonas en contacto directo con el terreno, lo que valida la utilidad de un enfoque diagnóstico instrumental para este tipo de edificaciones.

El análisis desarrollado evidenció que la problemática responde a una condición multifactorial, donde predominan las decisiones de diseño y las deficiencias constructivas, especialmente la ausencia de sistemas de drenaje perimetral, la falta de impermeabilización continua y la inexistencia de barreras contra capilaridad. Estos factores, combinados con condiciones ambientales de alta humedad y un entorno con pendiente, explican la recurrencia y evolución de las lesiones observadas.

La contrastación con la normativa técnica nacional permitió establecer que, aunque la edificación mantiene condiciones estructurales generales adecuadas, presenta vacíos importantes en criterios asociados a durabilidad, protección frente al agua y manejo hidráulico del terreno. Esta brecha normativa se refleja directamente en la aparición de los problemas identificados, evidenciando la necesidad de una aplicación más rigurosa de estos lineamientos en proyectos de vivienda de interés social.

A partir de lo anterior, se consolidó un conjunto de lineamientos técnicos de intervención orientados al control del agua desde su origen, su trayectoria y su interacción con los sistemas constructivos. La articulación de estrategias como drenaje perimetral, impermeabilización, control de capilaridad y mejora de condiciones interiores demuestra que es posible mitigar de forma efectiva la humedad y, al mismo tiempo, establecer un modelo replicable aplicable a edificaciones similares en contextos climáticos húmedos.

9. Referencias Bibliográficas

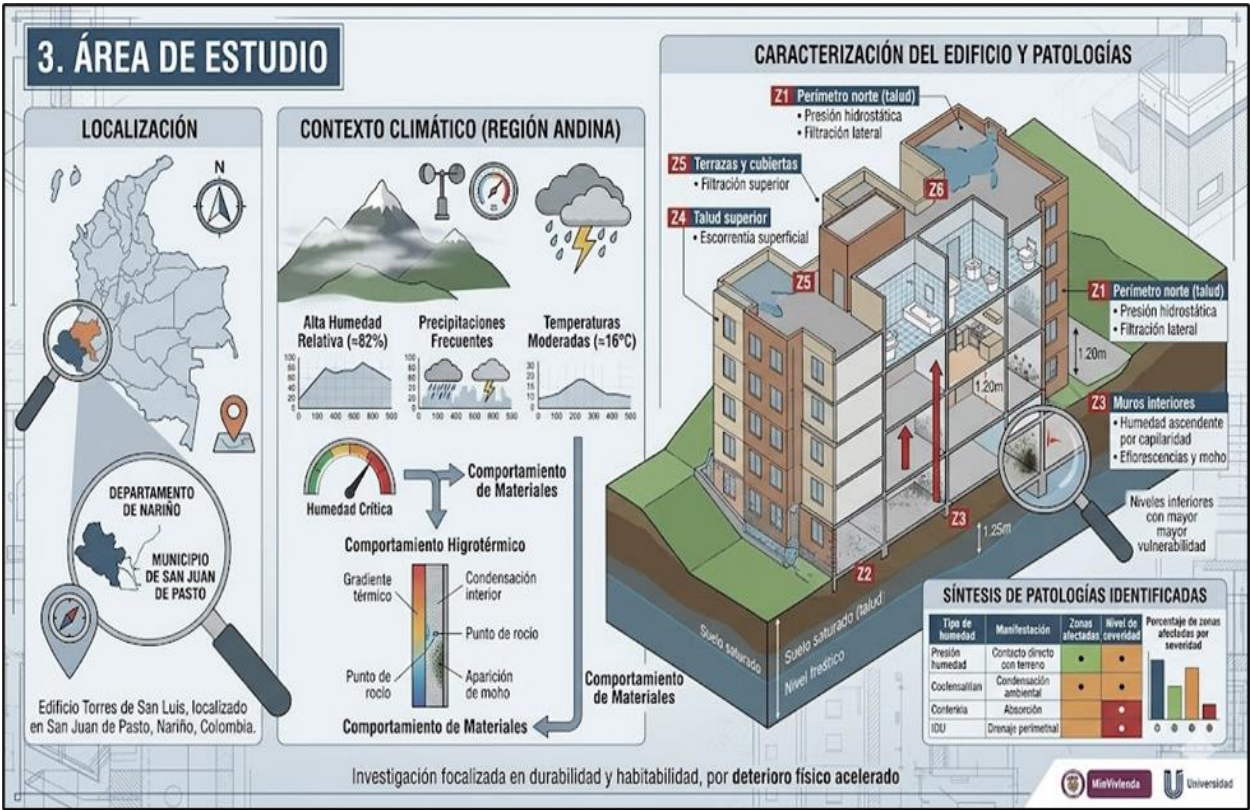
- Allen, E., & Iano, J. (2016). *Fundamentals of building construction: Materials and methods* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Building Research Establishment. (2015). *Thermal performance and condensation risk in buildings: Guidance and case studies*. BRE Press.
- CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction. (2010). *Sustainable construction: Principles and framework*. CIB Publication.
- Drysdale, R., Wight, J., & Heidebrecht, A. (2011). *Reinforced masonry engineering handbook*. The Masonry Society.
- Gutiérrez, L., Fernández, R., & Castro, M. (2022). *Patologías de humedad en viviendas de clima frío-húmedo en Córdoba, Argentina*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Hens, H. (2012). *Building physics: Heat, air and moisture*. Ernst & Sohn.
- ICONTEC. (2019). *Normas técnicas colombianas sobre impermeabilización, mantenimiento y ensayos de materiales (NTC 3329, NTC 1500, NTC 4017)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- IDEAM. (2023). *Boletín climatológico anual de San Juan de Pasto 2023*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2021). *Guía técnica para la inspección, diagnóstico y evaluación de edificaciones*. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Leal Velázquez, J. (2023). *Evaluación de patologías por humedad en edificaciones VIS del altiplano cundiboyacense*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2022). *Informe nacional de evaluación de la vivienda de interés social 2010–2020*. MinVivienda.
- Navarro, P., & Tapia, C. (2021). Condensación y ventilación en viviendas multifamiliares en climas templados. *Revista de Arquitectura y Construcción*, 20(1), 55–70.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>
- Pérez, J., & Orozco, L. (2019). Patologías de humedad en vivienda social urbana en México. *Revista Ingeniería y Hábitat*, 8(3), 23–38.
- Souza, V., & Ripper, E. (2020). *Patología, recuperación y refuerzo de estructuras de concreto*. Editorial Pini.

Universidad del Valle. (2022). *Protocolo técnico para el diagnóstico de patologías constructivas en edificaciones residenciales*. Universidad del Valle.

Viitanen, H., Ojanen, T., & Peuhkuri, R. (2018). *Moisture performance of building materials and structures under Nordic climate conditions*. Technical Research Centre of Finland (VTT).

10. Anexos

Anexo A. Area de Estudio



Anexo B. Registro Fotográfico

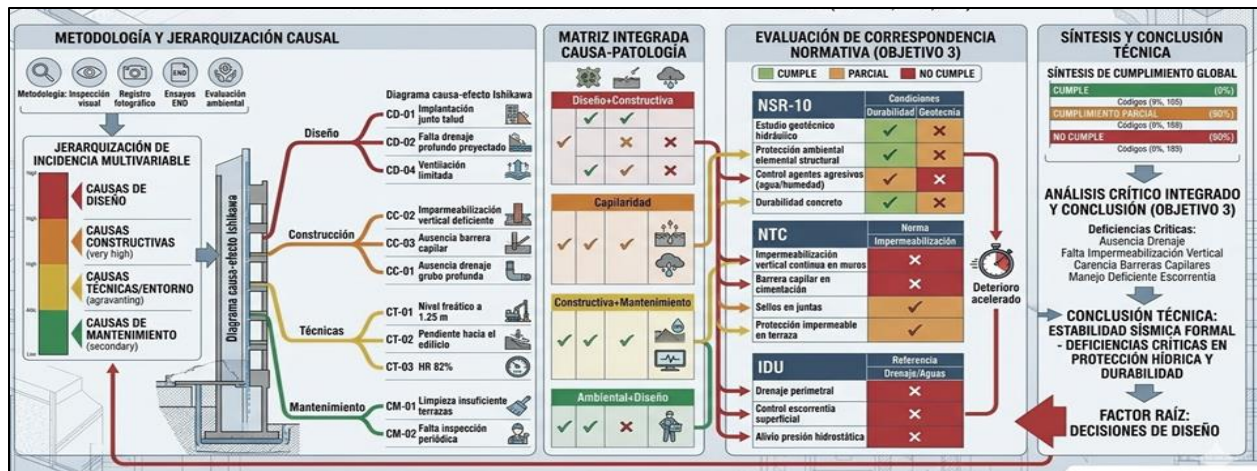
Fotografía	Descripción
	Estado inicial de la construcción en la entrega del Proyecto

	Exterior del Edificio Torres de San Luis
	Zonas comunes Edificio Torres de San Luis
	Estado actual paredes de Sala Apartamento tipo Edificio Torres de San Luis
	Estado actual Techo Sala y Corredor Apartamento tipo Edificio Torres de San Luis
	Estado actual habitación principal Apartamento tipo Edificio Torres de San Luis

Anexo C. Enfoque y Tipo de investigación



Anexo D. Metodología



Anexo E. Ensayos no destructivos - Ensayo de Medición Higrométrica

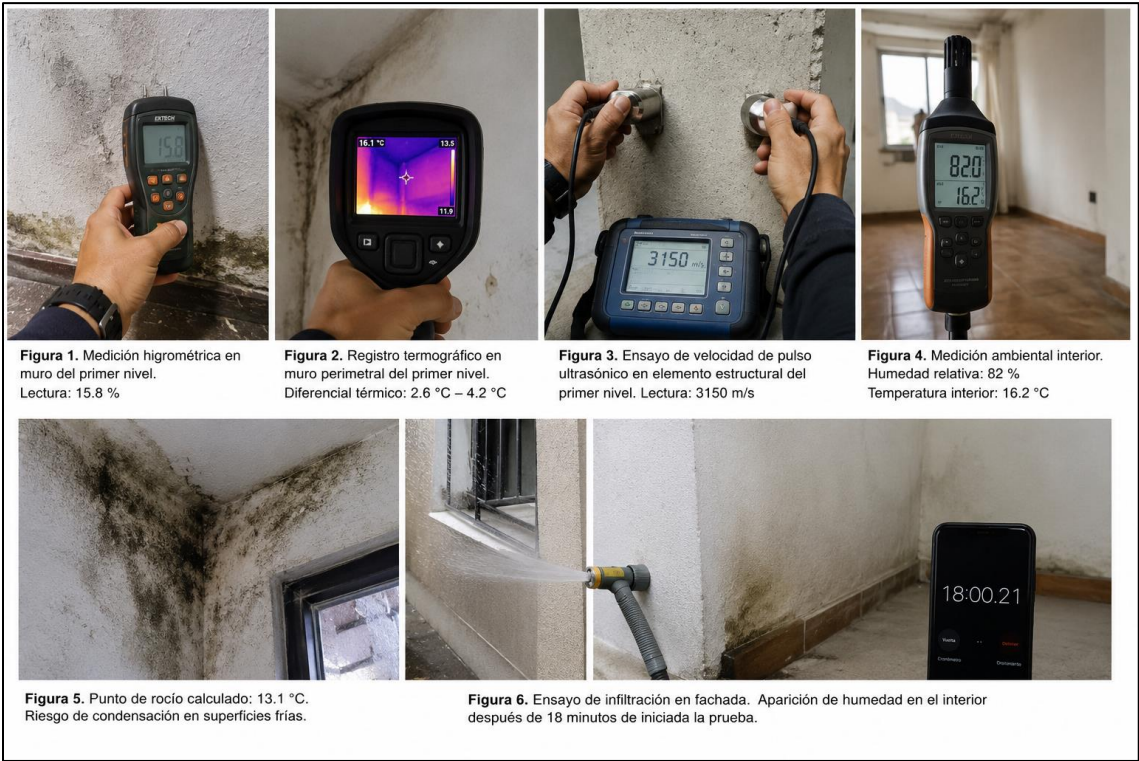
Ensayo	Objetivo	Equipo utilizado	Procedimiento básico	Tipo de información obtenida
Medición higrométrica	Determinar el contenido de humedad presente en muros, cubiertas y elementos interiores.	Higrómetro de superficie y termohigrómetro ambiental.	Se realizan mediciones en diferentes puntos de los elementos constructivos, comparando zonas afectadas y zonas de referencia.	Porcentaje de humedad superficial y niveles de humedad relativa del ambiente.
Termografía infrarroja	Detectar anomalías térmicas asociadas a filtraciones, condensaciones o acumulación de humedad en elementos constructivos.	Cámara termográfica infrarroja.	Se realiza un escaneo térmico de muros, cubiertas y superficies interiores para identificar diferencias de temperatura.	Mapas térmicos que permiten identificar zonas con posible presencia de humedad o infiltraciones ocultas.
Ensayo esclerométrico (martillo de rebote)	Evaluar de manera indirecta la resistencia superficial del concreto en elementos estructurales.	Esclerómetro o martillo de Schmidt.	Se aplican impactos controlados sobre la superficie del concreto y se registra el índice de rebote.	Estimación de la resistencia superficial del concreto y posibles zonas de deterioro.
Ultrasonido (UPV)	Evaluar la calidad y homogeneidad interna del concreto mediante la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas.	Equipo de ultrasonido para concreto (UPV).	Se colocan transductores en puntos opuestos del elemento estructural para medir el tiempo de propagación de la onda.	Velocidad de propagación ultrasónica, asociada a la calidad del material y posibles discontinuidades internas.
Inspección visual técnica	Identificar manifestaciones visibles de patologías como fisuras, manchas de humedad, eflorescencias y deterioro de acabados.	Cámara fotográfica, fichas de registro y herramientas de inspección.	Se realiza un recorrido sistemático por el edificio registrando las patologías observadas.	Registro fotográfico, caracterización de daños y base para la elaboración del mapa de patologías.

Anexo F. Ensayos No Destructivos realizados

Tabla. Resultados de los ensayos no destructivos aplicados

Ensayo	Parámetro evaluado	Resultado obtenido	Interpretación técnica
Higrómetro	Contenido de humedad	12.4 % – 15.8 %	Humedad activa en muros del primer nivel
Termografía infrarroja	Diferencial térmico	2.6 °C – 4.2 °C	Presencia de humedad interna en materiales
Velocidad de pulso ultrasónico	Velocidad de propagación	3150 m/s (nivel 1) / 3950 m/s (niveles superiores)	Posible afectación por humedad en elementos cercanos al terreno
Medición ambiental	Humedad relativa	82 %	Condiciones favorables para condensación
Medición ambiental	Temperatura interior	16.2 °C	Temperaturas cercanas al punto de rocío
Punto de rocío	Temperatura crítica	13.1 °C	Riesgo de condensación en superficies frías
Ensayo de infiltración	Tiempo de aparición de humedad	18 minutos	Posibles fallas en impermeabilización de fachada

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos no destructivos (2026).



Anexo G. Entrevistas

Nombre	Rol / Condición	Testimonio / Denuncia Principal
Maritza Rosas	Líder comunitaria y habitante	Denuncia que son "apartamentos enfermos" con cuatro tipos de humedades. Revela el fallecimiento de una niña de 4 años por afección pulmonar causada por el ambiente. Señala falta de filtros, mal alcantarillado y negligencia del constructor.
Segundo Benavides	Habitante (Población desplazada)	Expresa que pasaron de la "guerra" del conflicto armado a una "peor" en las torres. Critica la falta de vida digna, la inseguridad y el abandono social hacia los campesinos y desplazados que viven allí.
Humberto Posada	Ingeniero del MinVivienda	Explica que la comisión busca determinar si la humedad es por niveles freáticos (aguas subterráneas), falta de ventilación o fallas estructurales. Indica que el constructor debe entregar estudios de suelos.
Comunidad General	Habitantes afectados	Reportan que las paredes se desmoronan, hay presencia constante de hongos y que la infraestructura eléctrica y de acueducto es deficiente, poniendo en riesgo sus pocos bienes.

Puntos clave de la situación

- Población vulnerable: Los afectados son 1,108 familias compuestas por víctimas del conflicto, extrema pobreza y desastres naturales.
- Riesgo sanitario: La humedad no es solo estética; está provocando enfermedades respiratorias crónicas en niños y adultos mayores.
- Fallas técnicas: Se menciona que el terreno podría tener niveles freáticos muy altos que no fueron controlados con filtros adecuados durante la construcción.

