

DEGRADACIÓN, DAÑOS, LESIONES EN LA EDIFICACIÓN EL ESTUDIO PATOLÓGICO

● LUIS HUMBERTO CASAS FIGUEROA ●



Programa Editorial

A nivel nacional y mundial el sector de la construcción y los gobiernos, a través del establecimiento e implementación de normas, procuran mejorar la sostenibilidad de las edificaciones para garantizar su vida útil, las condiciones de seguridad y habitabilidad. Los errores y fallas que se presentan tienen origen en su proceso de producción, pueden ser de orden proyectual, de construcción o conservación, y con el tiempo se convierten en una amenaza para la estabilidad de la edificación, la seguridad y la salud del hombre y, por leves que sean, son un factor perturbador físico y psicológico del confort ambiental.

El libro se origina a partir de la experiencia profesional e investigativa del autor en el campo de la construcción, y del trabajo realizado por el Grupo de Investigación Amsestra, categoría "B" de Colciencias, del que es coordinador; igualmente, recoge el análisis de documentos relacionados con inspecciones técnicas, factores de degradación, daños y lesiones, y el estudio de las patologías propias de las edificaciones y aquellas producto de eventos tanto naturales como antrópicos.

Partiendo de este abordaje se establecen protocolos y metodologías para realizar el estudio patológico de la edificación mediante su inspección, diagnóstico y la formulación de procedimientos para su posterior intervención, y se dan los elementos conceptuales para reconocer a la obra arquitectónica como un organismo que nace, crece y se deteriora hasta fenecer en el cumplimiento de su ciclo de vida útil.



DEGRADACIÓN, DAÑOS, LESIONES EN LA EDIFICACIÓN EL ESTUDIO PATOLÓGICO



Colección Artes y Humanidades
Urbanismo

Casas Figueroa, Luis Humberto

Degradación, daños, lesiones en la edificación : el estudio patológico / Luis Humberto Casas Figueroa . -- Cali : Programa Editorial Universidad del Valle, 2019.

228 páginas ; 24 cm.-- (Colección de artes y humanidades. Urbanismo)

Incluye bibliografía.

1. Edificios - Mantenimiento y reparación - Investigaciones
2. Arquitectura - Conservación y restauración 3. Fallas en construcciones - Investigaciones 4. Edificios - Patología estructural - Investigaciones I. Tit. II. Serie.

690.24 cd 22 ed.

A1645957

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Universidad del Valle

Programa Editorial

Título: Degradación, daños, lesiones en la edificación. El estudio patológico

Autor: Luis Humberto Casas Figueroa

ISBN: 978-958-5599-13-0

ISBN-Pdf: 978-958-5599-14-7

ISBN-Epub (2023): 978-628-7683-87-7

DOI: 10.25100/peu.381

Colección: Artes y Humanidades-Urbanismo

Primera edición

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Jaime R. Cantera Kintz

Director del Programa Editorial: Ómar J. Díaz Saldaña

© Universidad del Valle

© Luis Humberto Casas

Diseño y diagramación: Diana Lizeth Velasco

Corrección de estilo: Luz Stella Grisales

Ilustraciones: Maria Del Mar Rodriguez

Esta publicación fue sometida al proceso de evaluación de pares externos para garantizar altos estándares académicos. El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

CC BY-NC-ND 4.0 

Cali, Colombia, septiembre de 2019

DEGRADACIÓN, DAÑOS, LESIONES EN LA EDIFICACIÓN EL ESTUDIO PATOLÓGICO

LUIS HUMBERTO CASAS FIGUEROA



Colección Artes y Humanidades
Urbanismo

CONTENIDO

Introducción	9
-------------------------------	---

CAPITULO 1

Consideraciones generales	15
Definiciones	19
La ingeniería, la arquitectura y la medicina, sus metodologías	29
La vida útil en las edificaciones.	33

CAPITULO 2

Acciones degradantes	41
Acciones físicas.	46
Factores influyentes en la estabilidad	78
Efectos generales de las inundaciones	88
Acciones mecánicas	90
Acciones climáticas	92
Acciones biológicas	106
Acciones químicas	107
Acciones antrópicas o acciones del hombre.	109
Otros factores de alteración y degradación	114

CAPITULO 3

Daños o lesiones	121
Clasificación de los daños.	122
Tipología de daños.	123

CAPITULO 4

Diagnóstico e intervención	139
Definición y consideraciones generales	139
Tipología del diagnóstico	145
Fases del proceso de diagnóstico	149
El diagnóstico de las edificaciones	159
Inspección, pruebas y evaluación	160
Intervención de las edificaciones	163

CAPITULO 5

El estudio patológico.	171
Primera fase: Reconocimiento	177
Segunda fase: Diagnóstico	197
Tercera fase: Propuesta de actuación y decisión del tipo de solución para el tratamiento.	211
Cuarta y última fase: Intervención	216
Referencias	219
Anexo 1 Estudio patológico recopilación de información acerca de la edificación.	223

INTRODUCCIÓN

En el ejercicio de mi actividad como docente, investigador y profesional en el campo de la construcción, he participado y realizado estudios de patología de la edificación, necesarios para el reconocimiento, diagnóstico de su estado y la formulación de los proyectos de intervención, ya sean estos de reparación, reforzamiento, rehabilitación, restauración, consolidación o reconstrucción.

El término “estudio patológico de la edificación” se emplea en forma genérica por dos razones: la primera, por considerar la detección y el diagnóstico de lesiones y daños con carácter relevante; y la segunda, por no hacer interminable el título al tener que adicionar los demás campos asociados al estudio de la edificación, los cuales dependen del tipo de intervención de la cual va a ser objeto, como son: su historia, arqueología, arquitectura, estructura, medio ambiente, entre otros.

Patología significa tratado de enfermedades. No hay que olvidar que la edificación es un organismo que se diseña y se construye (concibe y nace), se modifica (crece), se deteriora (envejece) y se demuele (muere), similar a los seres vivos que en su vida útil se degradan física y funcionalmente; también, como en el caso de la patología humana, existe un tratamiento preventivo y un tratamiento curativo, para subsanar los desórdenes que pueden presentarse en el tiempo.

El tratamiento preventivo se caracteriza por ser responsabilidad del diseñador, quien desde la concepción de la edificación debe plantear soluciones acordes con el proyecto, su usuario y su uso, combinar materiales, componentes y elementos que garanticen su funcionamiento y vida útil,

todo esto expresado en planos, planos de detalle, dimensionados y especificados claramente.

El tratamiento curativo es responsabilidad del constructor, ya sea este arquitecto, ingeniero o técnico constructor, mediante el estudio riguroso del estado, las características, el fenómeno patológico detectado, las evidencias, el diagnóstico y el planteamiento de soluciones remediales al problema.

Toda obra de edificación, como todo producto elaborado mediante un proceso previamente concebido, debe responder a unas condiciones determinadas y ser solución a una necesidad del hombre. En su proceso de elaboración se cumplen normas y especificaciones que garanticen su buena calidad, y que este llegue al usuario sin ningún tipo de imperfección.

Sin embargo, esto no siempre ocurre y está asociado a su forma de producción y depende de las características del sector y del bien que se va a fabricar; en el caso de la edificación, donde conviven formas de producción artesanal, manufacturera e industrial, la situación no es sencilla y los niveles de calidad suelen ser discutibles.

Muchos de los errores y fallas en las edificaciones tienen origen en fallas y errores en los procesos. Estas falencias pueden ser proyectuales, de construcción o de conservación, además de factores externos de orden natural o antrópicos.

Las fallas en las edificaciones pueden significar una amenaza para la estabilidad de la obra y, por ende, para la seguridad del hombre y por leves que sean pueden convertirse en un factor perturbador físico y psicológico del confort ambiental y por ende de las condiciones de habitabilidad.

Por fortuna la mayoría de las fallas en las edificaciones, como en el caso del hombre, se expresan físicamente a través de síntomas, dando pie para indagar acerca de sus causas. El análisis de las causas conlleva a su origen y a determinar el fenómeno, el cual puede ser producto de decisiones tomadas en la fase de planeación-diseño, por problemas de concepción, de selección de materiales, no cumplimiento o deficiente cumplimiento de especificaciones de construcción, errores de procedimientos en la fase de ejecución-construcción o falta de mantenimiento durante su funcionamiento.

En Colombia la inspección de edificaciones no se encuentra reglamentada por una normativa específica; las normas están previstas para el proyecto y ejecución de obras nuevas, evaluar el comportamiento sísmico y definir el diseño de la intervención, reparación y refuerzo de la estructura de edificios existentes (Título A-10, NSR-10), dejando de lado otros factores, tales como: agentes atmosféricos, mecánicos, químicos, la selección de materiales, la importancia que tienen los elementos no estructurales, las

instalaciones eléctricas (RETIE), de iluminación (RETILAP), hidráulicas y sanitarias (RAS), la falta de mantenimiento, entre otros, los que generan daños propios de los estudios de la patología constructiva, razones por las cuales es necesario establecer metodologías y protocolos que contengan en detalle y con claridad los lineamientos para elaborar un plan que diagnostique e identifique el problema y determine los procedimientos para eliminar las diferentes causas del proceso patológico que generan daños y lesiones en estas.

El país no cuenta, como España, con un Código Técnico de la Edificación (CTE), que es el marco normativo que establece y desarrolla las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios y sus instalaciones en relación con los parámetros de seguridad y habitabilidad contenidos en la Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación (LOE). Esta ley, en el artículo 16, determina la obligación de la propiedad de conservar la edificación en buen estado, mediante un adecuado uso y mantenimiento, en consonancia con las inspecciones técnicas reguladas por la normativa autonómica, las cuales consisten en hacer un control técnico cada cierto tiempo a los edificios en algunas ciudades españolas.

La Inspección Técnica de la Edificación (ITE) consiste en una inspección visual de los elementos comunes del edificio, realizada por personal técnico competente (arquitecto/a, aparejador/a, arquitectura técnica o ingeniería de edificación) y que da lugar al correspondiente informe técnico para detectar deficiencias, situaciones de riesgo y aspectos de mejora en los edificios cuando alcanzan los 45 años de antigüedad. Es, en sí, un tipo legal de mantenimiento preventivo, por el cual se somete periódicamente a los edificios a la revisión de una serie de elementos que afectan la seguridad del inmueble y de las personas que lo habitan. Así mismo, la Ley 8/2007, de suelo, en su artículo 9, regula dentro del derecho de propiedad de los terrenos, instalaciones, construcciones y edificaciones la obligación de conservarlos en las condiciones legales requeridas y, en todo caso, en las de seguridad, salubridad, accesibilidad universal y ornato legalmente exigibles. La ITE viene regulada por el Real Decreto-Ley 8/2011 y por las distintas ordenanzas municipales, que determinan las condiciones para las inspecciones.

En mi año sabático 2010-2011 me ocupé de revisar e investigar la documentación existente en relación con las inspecciones técnicas, la degradación, los daños, las lesiones en las edificaciones y cómo elaborar metodologías, guías y protocolos que permitieran estudiar las patologías propias de las edificaciones y de los eventos tanto naturales como antrópicos. Si bien es cierto que existen diferentes experiencias en la práctica

profesional de la construcción que han servido para la elaboración de diagnósticos del estado de las edificaciones y realizar recomendaciones de actuación, es importante contar con un documento que sirva de guía, que contenga criterios unificados para la realización de los estudios patológicos, de tal manera que se puedan realizar rigurosos estudios de las deficiencias técnicas en las edificaciones inspeccionadas, evaluar, valorar los daños y lesiones encontradas y estipule el perfil profesional que garantice el manejo y aplicación de los conceptos y conocimientos tecnológicos necesarios acordes con la edificación que se va a estudiar.

El presente libro se origina como consecuencia de lo expuesto anteriormente y de la necesidad en el sector de la construcción del establecimiento de metodologías que permitan la realización del estudio patológico de la edificación, mediante su reconocimiento, diagnóstico y formulación de los procedimientos para su posterior intervención.

Además de que en el contexto nacional y mundial el sector de la construcción y los gobiernos procuran e impulsan el mejoramiento de la sostenibilidad de las edificaciones, lo cual pasa obligatoriamente por garantizar su vida útil y las condiciones de seguridad y habitabilidad de las mismas.

El objetivo de este libro es dar al profesional, a los técnicos del sector de la construcción, al estudiante de arquitectura y de ingeniería los elementos conceptuales para reconocer a la obra arquitectónica como un organismo que nace, crece y se deteriora hasta fenecer en el cumplimiento de su ciclo de vida útil, y que para garantizar estas condiciones en el tiempo es necesario intervenirla mediante el conocimiento de su estado, los fenómenos patológicos que manifiesta, y las posibles acciones preventivas y curativas para conservarla.

En función de lo anterior, el libro se desarrolla en cinco capítulos que corresponden a cinco temas. En el primero se hace una serie de consideraciones generales con respecto a la edificación como organismo físico comparable a un ser vivo compuesto por órganos que se interrelacionan e interactúan y que en esos procesos se degradan física y funcionalmente. Se presentan una serie de definiciones tomadas del contexto de la medicina, las cuales se reinterpretan en el contexto de la construcción; se relacionan la ingeniería, la arquitectura y la medicina, sus metodologías, finalmente se revisa el concepto de vida útil o ciclo de vida de las edificaciones.

En el segundo se definen los términos degradación y deterioro, se trata lo relacionado con las acciones degradantes a las cuales está sometida la edificación producto de la naturaleza y del hombre, analizando cada una de ellas y los eventos asociados.

En el tercero se definen los términos daños o lesiones, se trata lo referente a los daños, lesiones, deterioros, sus efectos o consecuencias, su clasificación y tipología en las edificaciones, así como los agentes agresores.

En el cuarto se estudia lo relacionado con el diagnóstico, su definición, su función, los diferentes tipos de diagnóstico, las fases y el proceso de diagnóstico aplicado a la construcción, el tratamiento e intervención, siguiendo la analogía con la patología médica.

En el quinto se trata lo relacionado con el estudio patológico, donde se establece una propuesta metodológica similar a la utilizada en la medicina para la identificación de cualquier comportamiento anormal del cuerpo humano; la motivación de la inspección y el reconocimiento de la edificación, la cual puede estar determinada por la necesidad de comprobar ciertas características asociadas a procesos patológicos en donde se presentan dudas sobre su funcionalidad, seguridad o durabilidad.

La propuesta comprende cuatro fases:

1. Reconocimiento de la edificación, saber cómo es, cómo está, su construcción, historia, arquitectura, usos, etc., la realización de pruebas y ensayos de los materiales, elementos constructivos, terreno y medio ambiente, que proporcionen la información y los datos suficientes para el diagnóstico;
2. Diagnóstico, los daños y alteraciones, las evidencias, la sintomatología, los procesos patológicos, las causas;
3. Propuesta de actuación y decisión del tipo de solución para el tratamiento;
4. Intervención, donde se aplica o implementa el tratamiento, dependiendo de las características de la intervención, ya sean estas acciones de reparación, reforzamiento, rehabilitación o restauración, consolidación y reconstrucción.

En conformidad con el objetivo del libro, se expone un proceso sistemático de observación directa, que permita: Establecer el procedimiento por medio del cual sea posible ejecutar un estudio de patología, para detectar, caracterizar y evaluar las lesiones, fallas o deterioros en la edificación, partes de esta o en los elementos estudiados; determinar métodos de tratamiento para lesiones; explicar el manejo de los formatos de campo que se elaboran con el fin de registrar de manera organizada los tipos de fallas constructivas encontradas, principalmente en cimientos, mampostería, instalaciones hidráulicas y sanitarias, estructura (losa, vigas, columnas, nudos y cubiertas) y acabado de fachada.

Los esquemas, diagramas, figuras, fotografías y tablas del libro han sido elaborados con el propósito de ilustrar y complementar la información escrita, facilitando la apropiación del conocimiento de manera clara y didáctica, por lo que son un medio de expresión que en ocasiones resultan ser mejor que la palabra.

Agradezco a mis estudiantes del curso electivo Patología de la Construcción, del programa académico de Arquitectura, quienes han sido usuarios de las conferencias escritas que sirvieron de insumo para la elaboración de apartes del libro; a los arquitectos Álvaro Losada L. y Rafael Ceballos C., quienes conceptuaron acerca de su pertinencia, presentaron sus observaciones, las que fueron tenidas en cuenta para la versión final. Así mismo a los ingenieros Carlos Felipe Medina, Harold Cárdenas, Henry Jiménez y Elkin de Jesús Salcedo, quienes facilitaron material fotográfico usado para ilustrar diferentes situaciones que se muestran en el mismo. Igualmente, a los integrantes del grupo de investigación Ambiente, Seguridad, Salud y Trabajo - AMSESTRA, categorizado como grupo B en Colciencias, el que actualmente coordino, con quienes he desarrollado proyectos y estudios en los campos en que este se ocupa. Finalmente, a mi hija Andrea Casas L., médica de profesión, que me orientó en el proceso de interpretar conceptos y metodologías usadas en la medicina para aplicarlas en la construcción.

Arq. Luis Humberto Casas Figueroa

CONSIDERACIONES GENERALES

Si se parte del hecho de reconocer a la edificación como un organismo físico creado por el hombre para satisfacer sus necesidades de espacio construido, se entiende que está constituido por un conjunto de partes que se interrelacionan y funcionan como un todo, de manera similar a un ser vivo.

Ventura Rodríguez (2004) en el Manual de Patología de la Edificación, expresa:

[...] un edificio es conceptualmente y metafóricamente comparable con un ser humano, en cuanto que se concibe por el promotor y se diseña y proyecta por los proyectistas, al igual que una criatura humana se concibe por sus progenitores; se gesta durante su construcción al igual que el ser humano en el vientre de su madre y finalmente se pone en funcionamiento al igual que nace el ser humano. La vida útil del edificio finalmente es equivalente a la de cualquier hombre. (p. 16)

El estudio de los seres vivos introduce dos términos de la biología y de la medicina que son: “anatomía y fisiología”; en medicina, anatomía (del griego ανατομή anatomē, “dissección”) es el estudio del cuerpo humano, de la forma, estructura, espacio, situación y relación que tienen las diferentes partes que lo componen; y fisiología (del griego physis, naturaleza, y logos, conocimiento, estudio) es el estudio de la función que desempeña cada parte del cuerpo y cómo cada una de ellas se interrelaciona e interactúa. Ambos son campos que se nutren mutuamente, y juntos resultan fundamentales para el conocimiento médico general.

Bajo una visión sistémica, el cuerpo humano, como los cuerpos de los animales, está organizado en diferentes niveles según una jerarquía; así, está compuesto de aparatos, estos los integran sistemas, que a su vez están compuestos por órganos, estos por tejidos, que están formados por células, conformadas por moléculas, etc. Los diferentes sistemas que mantienen el cuerpo de una persona viva son: el sistema respiratorio, el sistema circulatorio, el nervioso, el gastrointestinal, entre otros (Figura 1.1).

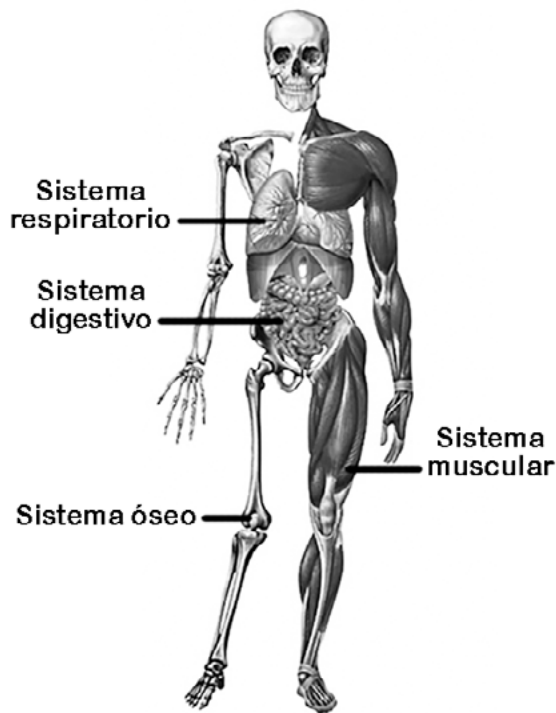


Figura 1.1. El cuerpo humano

La edificación, como el ser humano, es una entidad autónoma de dependencias internas, producto de una ordenación lógica y racional de un conjunto de sistemas que comprenden elementos tanto estructurales como de cerramiento, como de redes de servicios, como de circulaciones, etc., los cuales cumplen funciones determinadas y específicas; aquí se encuentra una analogía con lo que ocurre en la naturaleza con todos los miembros del mundo animal y vegetal (Figura 1.2).

La edificación como organismo que nace, crece, envejece y muere como el ser humano, en su vida útil se degrada física y funcionalmente, presentando

desórdenes y alteraciones, sea por vía “traumática” o “funcional”, que manifiestan una “patología”, la cual da lugar a su intervención.

El propio término “patología” es objeto de aclaración, dado que es utilizado de forma indistinta y con idéntico significado que “enfermedad”, cuando son conceptos claramente diferenciados:

- a. **Enfermedad.** Desviación del estado fisiológico normal del ser humano producto de la alteración de sus condiciones ontológicas de salud, las cuales son originadas por distintos factores, ya sean intrínsecos o extrínsecos, que provocan una afección o trastorno de las funciones vitales normales. La enfermedad normalmente consta de los siguientes momentos: la experimentación del síntoma, la aceptación de la enfermedad por parte del enfermo, la consulta al médico o al centro de salud para su tratamiento.

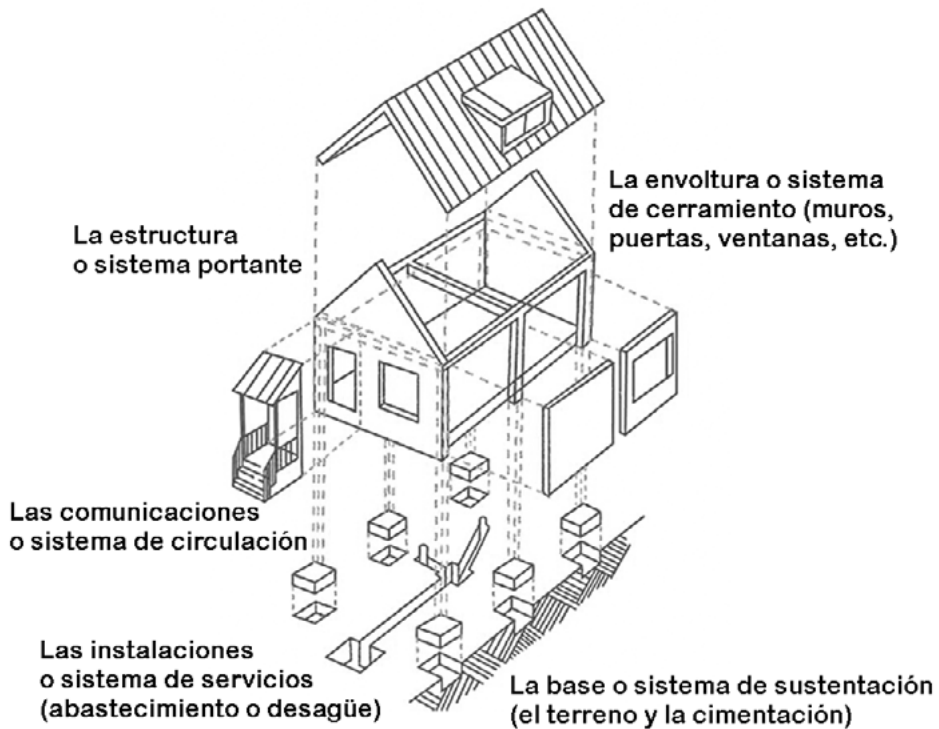


Figura 1.2. El edificio visto como un organismo conformado por sistemas

Fuente: Libro suelos y cimentaciones texto para arquitectos y profesionales afines.

Aunque ninguna definición satisface plenamente, podría decirse que la enfermedad no es un estado sino un proceso dinámico; es decir, una

sucesión de fenómenos que en corto, mediano o largo plazo implican una terminación que sería la curación completa, la adaptación a nuevas formas de vida o la muerte. Las enfermedades se clasifican según:

- Su origen: En congénitas, hereditarias y adquiridas.
- Su causa: En infecciosas, parasitarias, neoplásicas.
- Su curso: En crónicas, agudas, recurrentes.
- Su modo de propagación: En contagiosas, endémicas, epidémicas.

b. Patología. La finalidad es descubrir, concretar y ordenar el qué, el porqué y el cómo de la enfermedad para tratarla de la manera más eficaz posible; por lo tanto, la patología es la ciencia que estudia las enfermedades y las modificaciones estructurales y funcionales que las acompañan o son consecuencia de aquellas, por lo que en ningún caso la “patología”, siempre en singular, son las enfermedades o sus efectos.

Una edificación, al igual que un organismo, puede tener una o varias enfermedades que, para poder tratarlas, “de la manera más eficaz posible”, es preciso conocer y saber de sus interacciones, así como de sus tratamientos específicos, sin que estos interfieran negativamente en las demás enfermedades, para evitar daños colaterales. Por todo ello, dado que el fin de la patología es buscar el tratamiento más eficaz, y este depende de la simultaneidad de enfermedades en el individuo (léase edificación) y de su interrelación, hemos de aceptar que la “patología” es única, aunque las enfermedades sean varias.

Lo anterior conduce a aceptar que una edificación tiene **una patología**, entendida conforme a la definición dada, evitando la utilización frecuente de “las patologías de la edificación”, producto de la identificación errónea de patología = enfermedad.

Los especialistas en patología pueden dividirse en patólogos clínicos o anatomopatólogos. Los patólogos clínicos se especializan en el diagnóstico a través de análisis propios del laboratorio clínico. Los anatomopatólogos, en cambio, se dedican al diagnóstico basado en la observación morfológica de las lesiones.

Continúa Rodríguez (2004) diciendo que:

[...] a la edificación al igual que el ser humano se le pueden presentar lesiones, enfermedades, patologías, en definitiva, derivadas de cualquiera de los momentos antes enunciados de su concepción, gestación, crianza y vida, también el edificio se puede ver afectado de problemas de funcionamiento o sea de patologías edificatorias por fallos acaecidos en la fase de proyecto o en la construcción o en su puesta en funcionamiento o a lo largo de su

vida útil. Por último, cuando al hombre se le presenta una patología acude al médico para que la diagnostique, una vez intuida mediante el análisis de la sintomatología que presenta y le aplique la terapéutica adecuada para mantener su “calidad” de vida y naturalmente prolongarla.

Del mismo modo, aparecida la patología en el edificio debe ser examinada por el técnico cualificado (patólogo de la edificación), para estudiar su sintomatología (los signos aparentes de la lesión), poder intuir la fuente u origen del problema (etiología) y emitir una hipótesis en forma de diagnóstico para poder determinar las actuaciones más apropiadas (terapéutica) para restaurar las condiciones básicas del edificio (vida útil). (p. 16)

DEFINICIONES

El Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 2008) menciona dos significados de la palabra *patología*: el primero dice que es la parte de la medicina que estudia las enfermedades y el segundo la define como el conjunto de síntomas de una enfermedad. En este sentido, no debe ser confundida con la nosología, que es la descripción y la sistematización de las enfermedades.

El término patología (sustantivo) viene del griego πάθος (pathos), que en medicina significa enfermedad; y de λογία (logía), que se refiere al estudio o tratado. De acuerdo con su etimología, es la parte de la medicina encargada del estudio y tratamiento de un problema, acontecimiento que genera afectación, lesión o enfermedad en su más amplio sentido; es decir, son procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas y sus resoluciones. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales, se evidencia la presencia de un microorganismo (virus, bacteria, parásito u hongo) o se advierte la alteración de algún componente del organismo.

La palabra patología asociada a la construcción es un término nuevo dentro del campo del proceso de producción de obras de edificación y de las obras civiles. Este término, como ya se manifestó, ha sido empleado como una rama de la medicina que estudia las enfermedades del ser humano, sus procesos y sus soluciones; entonces se puede decir que la patología de la construcción es el estudio de los problemas o enfermedades en las obras de edificación y las obras civiles y su tratamiento.

Según Rodríguez (2004), patología es el estudio del conjunto de los procesos degenerativos, tipificados en la alteración de los materiales y los

elementos constructivos. El artículo 3 de la LOE establece los requisitos básicos que las edificaciones y sus instalaciones deberán cumplir tanto en la fase de proyecto, construcción y funcionamiento (mantenimiento, conservación, uso) como en las intervenciones que se realicen en ellas. Además, según el contenido de la ley, se deduce que la patología de la edificación es el estudio de las lesiones o problemas que se presentan en un edificio y que determinan la carencia de algunas de sus condiciones básicas de funcionamiento, o sea las relativas a funcionalidad, seguridad o habitabilidad.

De acuerdo con lo anterior se puede definir la **Patología de la Construcción** como: La ciencia que tiene por objeto estudiar los problemas constructivos que aparecen en la edificación después de su ejecución, específicamente en su fase de funcionamiento (operación y uso) y por lo tanto da explicación científica al comportamiento anormal (anómalo) de los materiales, componentes, elementos y sistemas constitutivos de la misma, a través del estudio sistemático y ordenado de los daños o lesiones y deterioros; analiza y determina sus causas y la manera cómo influyen en esta, para mediante la formulación de procesos estimar la vida residual y determinar las medidas correctivas que permitan recuperar sus condiciones de desempeño, teniendo en cuenta la factibilidad técnica y económica que garanticen su reparación o mantenimiento, o si, por el contrario, es necesaria su demolición total o de una de sus partes.

En la patología de la construcción, dependiendo de la enfermedad, su origen y del tipo de intervención, se reconocen las siguientes ramas, vertientes o especialidades:



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción¹.

¹ Asignatura electiva del programa académico de Arquitectura de la Universidad del Valle, impartida durante el año 2014.

- **Patología temprana:** Estudia los procesos patológicos que sufre la edificación de manera prematura en su fase de funcionamiento y son producto de problemas en su concepción en la fase de proyecto, el uso de materiales de inferior calidad a la especificada o de su deficiente colocación en obra. Suele también denominársele como patología pediátrica.
- **Patología preventiva:** En la Enciclopedia de las Patologías de la Construcción, Carles Broto (2006) la define como “la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen un edificio, su durabilidad e integridad”. Esto implica tener en cuenta en la fase de diseño una serie de medidas tendientes a garantizar su vida útil a partir de la selección de materiales, definición de su conservación en el manual de mantenimiento y uso que evitarán su deterioro en el tiempo y la aparición de procesos patológicos.
- **Patología curativa:** Es la que se aplica ante una lesión, defecto, disfunción. Comprende el diagnóstico y la intervención de la edificación o de una de sus partes durante su vida útil.
- **Patología geriátrica:** Abarca la restauración, rehabilitación y recuperación de obras “antiguas” o patrimoniales.
- **Patología forense:** Estudia los procesos e investiga las causas que llevaron la edificación al colapso.
- **Patología clínica o semiología:** Se ocupa de las relaciones entre el profesional, el usuario o propietario y el objeto de estudio, o sea la edificación.

Lo **patológico** (adjetivo) califica los procesos y estudios relativos al tema, elemento constructivo o estudio patológico del mismo, se utiliza para determinar su proceso o su resolución. Los problemas patológicos pueden darse durante el proceso de construcción o durante la vida útil de la obra (periodo de servicio); y pueden tener su origen desde la elaboración de las partes de la edificación.

Es así como la patología, el diagnóstico, la reparación y la rehabilitación de las edificaciones nace paralelamente con el desarrollo de las obras. En la antigüedad se produjeron hechos en las construcciones que, al analizarlas con detenimiento, muestran evidencias de los procesos y eventuales intervenciones que por defectos, daños y deterioros tuvieron que realizarse. Es más, en la antigua Babilonia, en el año 1700 a.C., el Rey Hammurabi creó el primer reglamento de la edificación; una de sus leyes, la Ley 229, decía que si por causas atribuibles al constructor fallecía el propietario de

la casa, este será muerto, lo que demuestra que en aquella época también existían casos de mala praxis.

A medida que pasan los años, los daños y fallos en las edificaciones se han ido incrementando, tanto en cantidad como en importancia. Hay que entender también que el problema patológico debe definirse en función de la pérdida de prestaciones de la parte o sector del edificio afectado respecto a las necesidades o requisitos de los usuarios. Cualquier parte de un edificio tiene un comportamiento a lo largo del tiempo que depende de su naturaleza y de la incidencia sobre él de acciones externas, ya sea del ambiente, por cambio de destino, por influencia de construcciones aledañas, por sismos u otros.

Cuando en algún momento de su vida el edificio presenta insuficiencias en la respuesta a las causas mencionadas, se los llama fallos. Estos fallos producen alteraciones en los elementos constructivos del edificio, que se denominan lesiones. En resumen, desde el punto de vista funcional los problemas pueden expresarse como fallos = insuficiencias, y desde el punto de vista material como lesiones = defectos.

Entre las causas que pueden motivar la intervención de una edificación, tanto en el proceso constructivo como en su uso, cabe señalar las siguientes:

- Errores de diseño en los proyectos arquitectónicos, de instalaciones, de cálculo de la estructura, incluyendo la concepción de los detalles.
- Empleo de materiales de baja calidad o no aptos en los procesos de ejecución, que generan problemas de durabilidad, especialmente degradación, por agresión del ambiente.
- Errores de ejecución en sus más diversas formas.
- Operación, uso o mantenimiento incorrecto de la edificación o de sus instalaciones.
- Actualización de la normativa que implique acciones de reforzamiento estructural, ahorro energético y consumo de agua, sistemas de seguridad física y de protección contra incendios, entre otras, tendientes a la sostenibilidad.
- Remodelación o reutilización de la edificación, mediante acciones que implican modificación de la estructura o de su distribución de esfuerzos; cambios de uso e incremento de las cargas.
- La acción de agentes externos.
- Acciones “imprevisibles” de carácter excepcional como: catástrofes naturales, terremotos, huracanes, etc., accidentes: fuego, explosiones, etc.
- Obsolescencia física, funcional o económica de la edificación.

En el campo sanitario, la patología se sirve de tres especialidades: la semiótica, la etiología y la patogenia, que sin duda constituyen parte de la actuación de un profesional que se dedique al estudio patológico.

Semiótica o semiología. Es el área que se ocupa del estudio de los signos y síntomas de las enfermedades, desde el diagnóstico y el pronóstico. Se entiende por signo (del latín signum) al objeto, fenómeno o acción material que, por naturaleza, representa un signo clínico o cualquier manifestación objetivable consecuente con una enfermedad o alteración de la salud. La semiología se divide en dos partes: la semiotecnia, cuyo objeto es el entrenamiento en las técnicas que se usan para identificar los signos; y la propedéutica, que enseña a analizar síntomas y signos con el fin de llegar a un diagnóstico. También se le conoce como el arte o ciencia del diagnóstico.

Etiología. Es el estudio de aquellas causas que dan origen a las enfermedades. Trata de descubrir los agentes o principios activos productores del efecto patológico y por esta razón es un término que observa una amplia utilización en los contextos médicos y filosóficos. En tanto y, por otro lado, en la medicina, la etiología es aquella rama que se ocupa de estudiar las causas de las distintas enfermedades que afectan a los seres humanos.

Las causas etiológicas suelen dividirse en genéticas y adquiridas. En la historia de la medicina han existido varios modelos acerca de las causas de la enfermedad, entre los que destacan los modelos unifactoriales (un solo agente causal) y los multifactoriales (varias condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad).

La etiología, en el caso de las edificaciones, hace referencia a las causas que originaron la patología, expresada en daños, lesiones, deterioros, donde es evidente la interrelación e interacción entre las diferentes fuentes, las cuales pueden resumirse en tres: Presencia de agua, en todas sus manifestaciones; movimientos de los materiales, partes o sistemas; y las acciones físicas, químicas o biológicas.

Juan Monjo Carrió, en el curso de Patología Conservación y Restauración de Edificios (1991), define la causa como: “el agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso patológico, y que desemboca en una o varias lesiones”, y distingue causas directas e indirectas. Las primeras “constituyen el origen inmediato del proceso patológico” y las segundas son “errores y defectos de diseño o ejecución, que necesitan la conjunción de una causa directa para iniciar el proceso patológico”.

Una manera sencilla de clasificar las patologías de las edificaciones es subdividiéndolas según su causa de origen. De acuerdo con esto, las patologías pueden aparecer por tres motivos: Defectos, daños o deterioro.

Patogenia. Estudia los mecanismos y el desarrollo de la enfermedad; cómo una causa puede llegar a provocar uno o varios signos o síntomas. La patogenia de una enfermedad es la representación de los mecanismos alterados de la fisiología normal que generan, sostienen y finalizan o perpetúan el proceso patológico promovido por una causa (etiología). La patogenia puede ser estudiada desde un punto de vista funcional (tal como hace la fisiopatología) o morfológico (la patología general). Ambos actúan de forma complementaria para la comprensión de la patogenia.

Para atacar un problema en un edificio se debe, ante todo, diagnosticarlo, por lo que es necesario conocer sus síntomas, su estado actual, su proceso, su evolución, sus causas, su origen; estos aspectos, agrupados secuencialmente, conforman lo que se denomina el *proceso patológico*.

En el proceso patológico de las edificaciones se presentan situaciones que requieren de información sobre los cambios que se han observado en su estado (salud), expresadas en el deterioro creciente de sus condiciones físicas, el cual es motivado por su uso, el medio físico en que se encuentra, la edad, entre otros.

Estas situaciones se manifiestan mediante síntomas o evidencias que requieren de metodologías para su análisis, la obtención de información validada y cruzada bajo parámetros técnicos y científicos.

La práctica médica remite a la elaboración de cuadros clínicos, uso de técnicas de diagnóstico y la formulación de tratamientos para que la enfermedad no continúe; en el caso de la edificación, que el deterioro no avance, se devuelvan las condiciones de habitabilidad iniciales, garantizando así su uso y funcionamiento.

Para su efecto, basados en el conocimiento técnico-científico, se definen a continuación los siguientes términos:

Hallazgos anatomopatológicos: El estudio anatómico e histopatológico permite indagar sobre la evidencia físico-química del proceso de enfermedad, que ha quedado plasmado en alteraciones de la morfología y fisiología normal a cualquier nivel (molecular, celular, tisular, orgánico, etc.). El hallazgo de esta evidencia, generalmente, tiene carácter de diagnóstico definitivo.

Existen varias técnicas y metodologías para demostrar las diversas lesiones morfofuncionales, y determinar su interpretación en el contexto de la patogenia; pues las lesiones pueden ser entendidas como hitos que marcan un curso: el camino patogenésico, que conduce hacia un tipo de enfermedad.

Los cambios morfológicos son las alteraciones estructurales de tejidos o células que caracterizan a una enfermedad o permiten diagnosticar un proceso etiológico. En el caso de las edificaciones se presentan cambios

volumétricos por presencia de humedad, sobrecarga en elementos o partes, expresada en alteraciones, tales como desprendimientos, embombamientos, desintegración, deflexiones, corrosión de armaduras, entre otros.

Cuadros clínicos o manifestaciones clínicas: Son la expresión de las alteraciones genéticas, bioquímicas y estructurales de las células y tejidos y que condicionan su evolución. Los problemas patológicos, salvo raras excepciones, muestran manifestaciones externas, a partir de las cuales se puede deducir la naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados, así como estimar sus probables consecuencias.

Existen varias técnicas y metodologías para demostrar las diversas lesiones morfofuncionales, y determinar su interpretación en el contexto de la patogenia; pues las lesiones pueden ser entendidas como hitos que marcan un curso: el camino patogenésico, que conduce hacia un tipo de enfermedad.

Es un contexto o marco significativo, definido por la relación entre signos y síntomas de una determinada enfermedad (en realidad, que presenta el enfermo o la edificación). La semiología clínica es la herramienta que permite definir un cuadro clínico, donde cabe distinguir:

- **Síntomas:** Son la referencia subjetiva que da el enfermo sobre la propia percepción de las manifestaciones de la enfermedad que padece. Por su carácter subjetivo, son elementos muy variables, a veces poco fiables y no muy certeros; muchas veces, su interpretación puede ser difícil; aun así, su valor en el proceso diagnóstico es indudable.

En el caso de la edificación los síntomas son las evidencias que se expresan a través de las lesiones, daños, defectos, alteraciones o manifestaciones patológicas que pueden ser descritas y clasificadas, las que solo se pueden detectar a partir de una inspección visual efectuada por personal experimentado.

Se debe distinguir entre los síntomas que aparecen con el envejecimiento natural del edificio como, por ejemplo, la suciedad de una fachada, y los síntomas provocados por algún agente patológico, grietas, manchas de humedades, etc.

Los síntomas, por ejemplo, en elementos de concreto son las fisuras, las eflorescencias, las manchas, la corrosión de armaduras, los defectos de vertido y compactación y los problemas debidos a la segregación de sus componentes.

- **Signos clínicos:** Son los indicios provenientes del examen o exploración psicofísica del paciente. Los signos clínicos son elementos

sensoriales (relacionados con los sentidos); se recogen de la biología del paciente a partir de la observación, el olfato, la palpación, la percusión y la auscultación, además de la aplicación de ciertas maniobras. Cada signo es pleno en significado, pues tiene una interpretación particular según un contexto semiológico.

En la edificación, el signo es cualquier variación perceptible del estado original, como expresión de las patologías acaecidas en la misma. Igualmente, las técnicas de observación, percusión, auscultación, el recurrir al olfato para identificar a partir del olor la presencia de humedad en un determinado espacio, resultan ser válidas.

- **Pruebas complementarias:** Las pruebas complementarias de la semiología clínica comportan el aporte de información adicional proveniente de la biología del paciente mediante la aplicación de diferentes técnicas, generalmente instrumentales. Los resultados aportados por las pruebas complementarias deben ser interpretados dentro del contexto clínico. Ejemplos de pruebas complementarias son: todas las técnicas de imagenología (ultrasonografía, rayos X, tomografías, resonancia magnética, centellografía, etc.), electrocardiograma, espirometría, análisis de sangre (hemograma), mielograma, punciones (varias), análisis de orina, test psicológicos, pruebas de esfuerzo físico, polisomnografía, etc.

También en la edificación se realizan pruebas complementarias reconocidas como inspecciones mediante técnicas instrumentales como: fotometría, toma de datos higrotérmicos y monitorización mediante termohigrómetro de lectura instantánea, datalogger o sensores similares, corrosión de armaduras, ensayos de campo de microescorrentía o mojado sobre materiales o juntas, ensayos elásticos de cargas, testigos de movimientos, pruebas hidráulicas, ensayos a compresión, profundidad de carbonatación, etc.; todos estos dependiendo de los síntomas o evidencias.

Diagnóstico. Es un complejo proceso que desarrolla el profesional, e implica una respuesta cognitiva ante el planteamiento de la situación del paciente. El diagnóstico puede determinar un estado patológico o no (también se diagnostica la salud en un paciente).

El proceso incluye el diagnóstico diferencial, es decir, la valoración de todas las posibles causas nosológicas que podrían dar un cuadro clínico similar. Siguiendo la escogencia de la posibilidad más adecuada en función de los resultados de la anamnesis, la exploración física, las pruebas complementarias y, a veces, el tratamiento.

Para la elaboración de un buen diagnóstico se debe estar familiarizado naturalmente con la enfermedad y comprender cómo se produce, porqué se produce, qué la origina, pero tales conocimientos resultan insuficientes si no se logra obtener información acerca de sus antecedentes históricos.

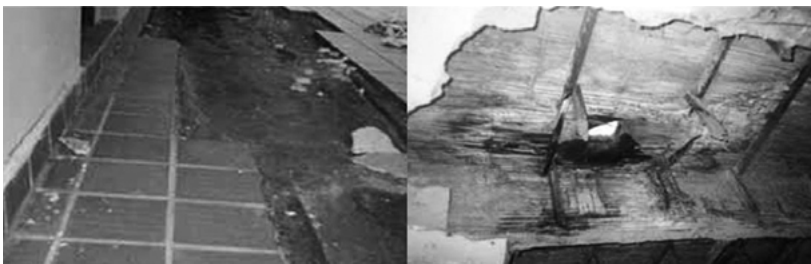
En el caso de la edificación, una vez terminada la toma de datos directa, y con la información de los resultados de los ensayos de laboratorio, se puede iniciar la reconstrucción de los hechos; es decir, tratar de conocer cómo se ha desarrollado el proceso patológico, cuál ha sido su origen y sus causas, cuál su evolución y cuál su estado actual. En esta etapa se debe llegar a conclusiones para la posterior actuación que implique la reparación de la edificación.

Pronóstico. Consiste en prever la evolución y el desenlace de una enfermedad. Este se hace con base en información de carácter estadístico sobre la tendencia que sigue un proceso patológico.

Muchas variables deben ser tenidas en cuenta al momento de elaborar un pronóstico; no siempre es posible pronosticar la evolución de una enfermedad, con o sin tratamiento, solo se puede determinar después de conocer con exactitud el diagnóstico y el estado general del paciente, incluyendo la edad, estado nutricional, patologías concomitantes, etc.; aun así, puede existir un porcentaje de error. En el caso de la edificación, este está asociado al estado del daño, el que se puede determinar a partir de observaciones visuales, la calidad de los materiales y del diseño, la edad, entre otros.

Evolución. La evolución o historia natural de la enfermedad representa la secuencia o curso de acontecimientos biológicos entre la acción secuencial de las causas componentes (etiología) hasta que se desarrolla la enfermedad y ocurre el desenlace (curación, paso a cronicidad o muerte). La historia natural de una enfermedad representa la evolución del proceso patológico sin intervención médica.

Igualmente sucede con las edificaciones (reparación, rehabilitación o restauración y demolición).



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Tratamiento. Consiste en todas aquellas opciones ambientales, humanas, físicas, químicas, entre otras, y el conjunto de medios de toda índole (físicos, higiénicos, farmacológicos y quirúrgicos) que contribuyen a la curación del paciente, de su proceso, o bien a la atenuación de sus síntomas (tratamiento paliativo) para mejorar en lo posible su calidad de vida, logrando su incorporación a la sociedad.

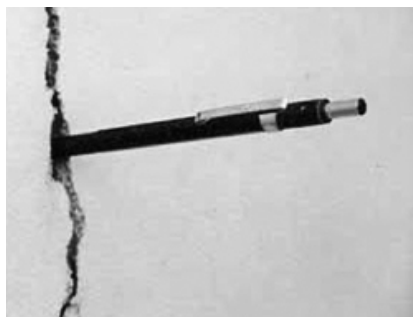
El tratamiento puede ser de varias clases: terapéutico, etiológico, sintomático, de sostén quirúrgico, empírico. En el caso de la edificación, es la habilitación del servicio suspendido, el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad y la disminución del riesgo de enfermedad o accidente del usuario al sentirse seguro y confortable en ella.

Prevención. La prevención o profilaxis es la información concerniente a actuaciones que modifican la probabilidad de enfermar, disminuyendo los riesgos. La prevención comporta medidas de actuación orientada a evitar la enfermedad y a mejorar el estado de salud.

En el caso de las edificaciones, como su nombre lo indica, es prevenir cualquier inconveniente que pueda ocurrir en su vida útil, garantizando así que esta cumpla los objetivos para los cuales se diseñó.

Intervención. La intervención implica un “reconocimiento”, a fin de poder emitir un “diagnóstico”, y, en función de tal, se decide el “tratamiento”. El tratamiento implica una intervención que abarca desde la eutanasia (demolición) hasta un higiénico lavado (limpieza de fachadas), pasando por trasplantes, prótesis, ortopedias y curas. Aquí también es aplicable el concepto de “medicina preventiva”, mediante el mantenimiento.

En el caso de reparación de alteraciones, esta debe contemplar dos fases de actuación: primero sobre la causa que originó el proceso patológico hasta su anulación; y luego sobre la teoría o lesiones que constituían el síntoma del proceso.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Nunca se debe operar sobre la lesión en primera instancia, o su sintomatología, ya que la causa seguirá actuando y la lesión volverá a manifestarse, tampoco invertir el orden de actuación, ya que durante la vida útil de la edificación podrá aparecer de nuevo el proceso y sus manifestaciones.

Lo anterior ha conducido a adoptar un lenguaje ajeno a la construcción, pero de gran precisión conceptual, como es el de la medicina.

LA INGENIERÍA, LA ARQUITECTURA Y LA MEDICINA, SUS METODOLOGÍAS

En la medicina cualquier síntoma dudoso requiere una investigación. Se lo debe clasificar, determinar su causa y luego establecer el tratamiento adecuado. Lo practican diariamente los médicos clínicos cuando atienden a sus pacientes. En ingeniería o arquitectura debería suceder lo mismo: ante la presencia de lesiones en una edificación, actuar según una metodología de investigación.

Los pasos que sigue un médico clínico para determinar las causas y soluciones en la cura de la enfermedad de un paciente se convierten en una metodología. Una edificación enferma necesita de un “médico” ingeniero o arquitecto que conozca los pasos a seguir para diagnosticar su estado y el posible tratamiento, para lo cual es necesario aplicar una metodología en la investigación de las causas de las patologías.

Como la edificación no puede expresar su dolor cuando es intervenida, no existen gritos ni quejas cuando es demolida o quebrada en partes, por ello, de parte del profesional, del técnico de la construcción, no hay sentimientos de compasión con la edificación que se interviene con mazo y a punta de golpes. En la mayoría de los casos se avanza sobre la prueba y el error, por lo que muchas intervenciones son innecesarias y terminan deteriorándolos aún más.

Si esa intervención no se realiza, por lo general la edificación, que ha sufrido el deterioro progresivo y permanente del tiempo con las variaciones climáticas, que ha recibido las influencias de los cambios a que ha sido sometido su entorno inmediato o ella misma, debiendo a veces responder a necesidades para las cuales no fue proyectada, llega a lo que se denomina obsolescencia física, funcional o ruina edilicia; esto es un estado en el cual la estructura física de los materiales, componentes constructivos o instalaciones ya no están en condiciones de cumplir sus funciones de manera eficaz, ni correcta, ni siquiera segura, transformando a la edificación en un insalubre y

peligroso lugar cuyo derrumbamiento aparece cada vez más probable y cuya reparación se vuelve cada vez más compleja (a veces imposible) y costosa.

La clave está en el mantenimiento de la edificación, de la misma manera que ocurre con un automóvil al que hoy las fábricas imponen mantenimientos preventivos que aseguran las garantías ofrecidas, al que la venta se acompaña de un manual de uso, al que ante una falla o un cambio en el ruido percibido del motor se lo conduce a un taller mecánico para que personal especialmente preparado para ello lo revise y repare, las edificaciones también deben, para no llegar a su ruina, ser inspeccionadas técnicamente por un profesional capacitado para ello, al que se debe recurrir ante la aparición de cualquier falla de la construcción, con el propósito de descubrir las causas de la patología y sugerir las acciones correspondientes para su reparación integral. Habitualmente el tiempo transcurrido entre la aparición de la lesión y la consulta es directamente proporcional al futuro costo de la reparación, a la vez que dificulta el descubrimiento inmediato de las causas que generaron la falla. Además, las edificaciones deberían incluir, una vez concluidas las obras, un manual de uso y mantenimiento que guiara a los usuarios en sus chequeos periódicos y que informara de algunos criterios que fueron la base de su diseño.

Así como en el cuerpo humano el esqueleto o sistema óseo constituye su estructura, igualmente ocurre con la edificación; por lo tanto, su estabilidad dependerá de sus condiciones físicas y de la no aparición de daños o lesiones que generen patologías que la afecten y por ende atenten contra su vida.

Se llama *patología estructural* al estudio del comportamiento de las estructuras de las edificaciones cuando hay evidencias de fallas o comportamiento defectuoso (enfermedad), investigando sus causas (diagnóstico) y planteando medidas correctivas (terapéutica o tratamiento) para recuperar las condiciones de seguridad en el funcionamiento de la estructura.

En las estructuras, los defectos se ponen de manifiesto con la aparición de una serie de señales o de cambios de aspecto, que se engloban dentro de la sintomatología estructural. Ante estos síntomas y previa investigación de las causas, el profesional, el técnico, el especialista o patólogo estructural, debe establecer un diagnóstico preciso de la enfermedad que padece la edificación.

Las causas que pueden provocar lesiones en una estructura pueden ser muchas y muy variadas. Pueden estar relacionadas con el propio proyecto, con los materiales, con la ejecución, y con el uso o explotación de la edificación.

Para el correcto tratamiento de una enfermedad primero hay que diagnosticarla, para lo cual se hace necesario:

- Conocer los síntomas.
- Conocer las causas que la provocan.

- Conocer el grado de afectación.
- Conocer la parte o partes a las cuales afecta.

A partir del diagnóstico de la enfermedad se establece el tratamiento que se va a seguir y cómo debe ser administrado.

En medicina hay una terapia preventiva, deseada y necesaria para cada caso, si no se aplica a tiempo se tendrá que recurrir a la terapia curativa, que resulta costosa y difícil de aplicar. La terapia preventiva implica dos acciones: prevenir y proteger; la terapia curativa implica curar y proteger.

Las obras de edificación y las obras civiles, como los seres humanos, sufren deterioros, ya sea por enfermedades congénitas o adquiridas durante su vida útil que afectan su funcionalidad, durabilidad, estética y adecuación ambiental, y su estabilidad, llegando a veces a no cumplir los fines para los que fueron diseñadas.

Los daños o enfermedades pueden tener origen congénito o adquirido en el tiempo, iniciándose el riesgo de una acción o causa de daño en el mismo proceso de planeación, ejecución o funcionamiento, o por acciones naturales o del hombre (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Situaciones que pueden generar errores, daños, deterioros en las fases de planeación y ejecución

Planeación		
Información	Proyecto (planos)	• Insuficientes • Incompletos • Incongruentes • Errados • No coordinados
	Especificaciones	• Bajas • Imprecisas • Incompletas • Inconsistentes • Excesivas
Ejecución		
Materiales	• Inferior calidad • Características diferentes • Almacenamiento indebido	
Trabajos/obras	• Baja calidad • Mala apariencia • Falta de protección • Deficiente aseo • Disconforme con el proyecto • Daños/deterioro	

Fuente: elaboración propia.

En el proceso de producción de las obras puede haber errores en cada una de sus fases; en la fase de planeación, en la etapa de diseño del proyecto suelen presentarse problemas de concepción, selección de materiales, especificaciones, etc., o en la fase de ejecución por deficiente planeamiento, organización y control, o en la fase de funcionamiento, por estar expuesta en su servicio en mayor o menor grado a agentes ambientales, cambio o aumento de uso, deficiente mantenimiento, entre otras (Tabla 1.2).

La obra también puede verse afectada por acciones provenientes del medio al cual debe resistir. Estas pueden ser producidas por acciones naturales, sismos, vientos, variaciones de temperatura, etc., otras tienen su origen en el mismo hombre; unas son acciones directas, otras indirectas, a las cuales la obra debe responder con un adecuado coeficiente de seguridad, sin perturbar u ocasionar daño al usuario.

De esas acciones se deben considerar tanto las directas, que atentan contra la propiedad (ladrones), contra el aspecto (vándalos) o contra la integridad total (terroristas), como las indirectas, producto de las diversas actividades humanas y que se pueden resumir en la contaminación atmosférica que afecta las características fisicoquímicas de los materiales ulteriores, y el fuego que destruye.

Tabla 1.2. Errores en el proceso de edificación que generan riesgos

Tipo de errores	Origen de los errores		
	Etapas de planeación	Etapas de ejecución	Etapas de funcionamiento
Técnicos	- Fallas en la formulación - Especificaciones incompletas o no adecuadas a las características del edificio que se proyecta.	- Deficiente planeación de obra - Materiales de baja calidad - Equipo en mal estado	- Incumplimiento de los manuales de mantenimiento - Mal uso del edificio
De organización	- Problemas de coordinación en los proyectos - Falta de información - Mala planeación	- Problemas de comunicación - Condiciones de trabajo deficientes - Contratos mal elaborados - Controles deficientes	- Desconocimiento de las normas - No se hace mantenimiento preventivo
Humanos	- Deficiente formación - Poca experiencia	- Deficiente formación - Poca motivación, descuidos - Exceso de confianza - Negligencia - Imprudencia	- Ignorancia - Descuidos
Personales			

Fuente: elaboración propia.

Si se sigue comparando la patología de la construcción con la medicina, se puede decir que las patologías tienen diversas causas: origen genético, funcional o accidental. Metafóricamente se puede afirmar que lo genético estaría signado por el proyecto y la construcción, lo funcional por el uso y mantenimiento y lo accidental por las causas fortuitas que pueden producir alteraciones en el material, muchas son producto de la falta de desarrollo tecnológico de la época en que se construyó la edificación.

En las enfermedades congénitas, como su nombre lo indica, la obra nace con ellas y su origen puede ser por dos causas: errores de concepción o diseño/arquitectónico, estructural, o por errores durante la ejecución o construcción de la obra. Los errores de la concepción o diseño pueden ser de diversa índole, por ejemplo, en una de las partes de la estructura (mala ubicación, orientación y distribución, problemas de suelo, erróneo cálculo estructural, deficiente selección de materiales), lo cual incide directa o indirectamente sobre la estructura, siendo muchas veces la causante de pérdidas totales.

Los errores de ejecución pueden tener también diferentes orígenes, por ejemplo, la estructura (materiales inadecuados, deficiente recubrimiento, concreto poroso, con hormigueros, mala distribución del acero), lo cual ocasiona en la mayoría de los casos una aceleración de la velocidad de ataque, con la consecuente disminución de la vida útil. Su aparición es aleatoria en el tiempo, pero normalmente se detectan muy cerca al momento mismo de la construcción de la estructura.

LA VIDA ÚTIL EN LAS EDIFICACIONES

Hoy en día las edificaciones no se construyen para la “eternidad”, como ocurría antiguamente; en la actualidad su vida útil termina cuando ha sido amortizada o cuando los costos de mantenimiento o conservación alcanzan valores significativos, incluso cuando su función resulta ser obsoleta.

Su construcción plantea una expectativa de vida aproximada a los 50/75 años, luego de los cuales requieren para su sobrevivencia una intervención general. Esta resultará necesaria según la edificación de que se trate y su función, su uso y también el mantenimiento que de ella se haya hecho a lo largo de su vida.

El concepto de vida útil lleva implícito garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, por lo que las edificaciones deben ser idóneas para su uso durante la

totalidad del periodo considerado en su ciclo de vida (Figura 1.3). La edificación, por lo tanto, debe poseer condiciones tales que la hagan:

- Segura y funcional, tanto en su construcción como en su uso.
- Segura en caso de incendio, minimizando el riesgo para el usuario.
- Higiénica, saludable y que no afecte al medio ambiente.

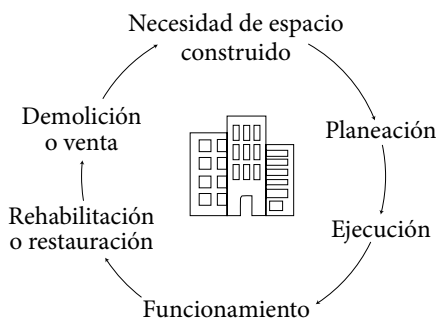


Figura 1.3. Ciclo de vida de una edificación

Fuente: elaboración propia.

Fotografía de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U.

La vida útil de las edificaciones ha tenido una correspondencia directa con las demandas de la sociedad; existen casos como el del Acueducto de Segovia (109 a. C.) y el Panteón de Roma (27 a. C.), que son obras paradigmáticas de durabilidad, entendida la misma como la aptitud para conservar sus propiedades y características con el transcurso del tiempo.

Al respecto podría surgir la pregunta: ¿Qué sería del patrimonio cultural, por ejemplo, si en la Edad Media las catedrales y las construcciones emblemáticas no se hubieran realizado con el objetivo de que se perpetuaran a lo largo de la historia? La respuesta se encuentra fundamentalmente en el desarrollo de las formas de producción y del conocimiento que han hecho que se planteen nuevos conceptos, los cuales las han regulado y orientado, durante diferentes periodos como, por ejemplo:

- Seguridad (años sesenta).
- Productividad (años setenta).
- Control de calidad (años ochenta).
- Durabilidad (años noventa).
- Sostenibilidad (siglo XXI).

Las fases de planeación-diseño y ejecución-construcción se corresponden con ciclos importantes del proceso de producción de espacio construido; durante mucho tiempo las mayores inversiones realizadas en el sector de la construcción, subsector de la edificación, han estado dirigidos casi

exclusivamente a la producción de obra nueva y no se le ha dado igual importancia a la conservación y mantenimiento de lo construido (Figura 1.4).

La vida útil está estrechamente ligada a la palabra mantenimiento, pues a las obras se les aplican programas de mantenimiento para que puedan cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fueron ejecutadas; por eso, es necesario abordar criterios sobre este concepto.

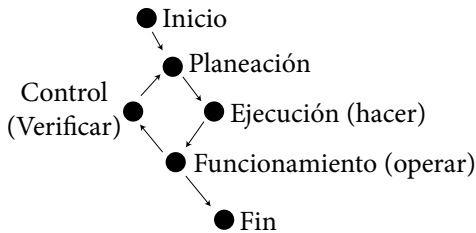


Figura 1.4. Ciclo de vida de la edificación

Fuente: elaboración propia.

Fotografía de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

La vida útil de la edificación es la previsión del período de tiempo durante el cual es susceptible de ser utilizada en las condiciones de calidad requeridas, siempre que se hayan observado las instrucciones de uso y mantenimiento y se hayan realizado las obras de reparación o rehabilitación necesarias. Durante toda la vida útil de una edificación hay tres parámetros esenciales que vienen definidos en la fase de proyecto: La durabilidad o expectativas de que un elemento pueda cumplir las funciones encomendadas; la mantenibilidad, entendida como la facilidad para realizar las funciones de inspección, limpieza, reparación o sustitución; y finalmente los costos de explotación debidos a consumos energéticos (Casanovas, 1996) (Figura 1.5).

Conocer la vida útil propuesta para cada componente de la edificación permitirá estimar su vida útil y con ello determinar en años los ciclos de mantenimiento, las inspecciones, las reparaciones cíclicas, entre otras, que deberá recibir en función de sus características, ubicación, materiales, etc.

Este concepto es aplicable proporcionalmente a ciertas unidades de obra; por ejemplo, los acabados, las carpinterías, ciertas instalaciones, las impermeabilizaciones, etc., cuya vida útil resulta ser inferior a la de la estructura de la edificación; lo que no es aceptable es que esta pueda ser menor a lo establecido como vida global de servicio.

A modo de conclusiones pudiera plantearse que el concepto de vida útil de los elementos de una edificación permitirá estimar su vida útil total,

además de que este concepto, unido a la conciencia social y política de que son esenciales los recursos para mantenimiento y reparación, favorecerá la conservación en condiciones óptimas del patrimonio construido.

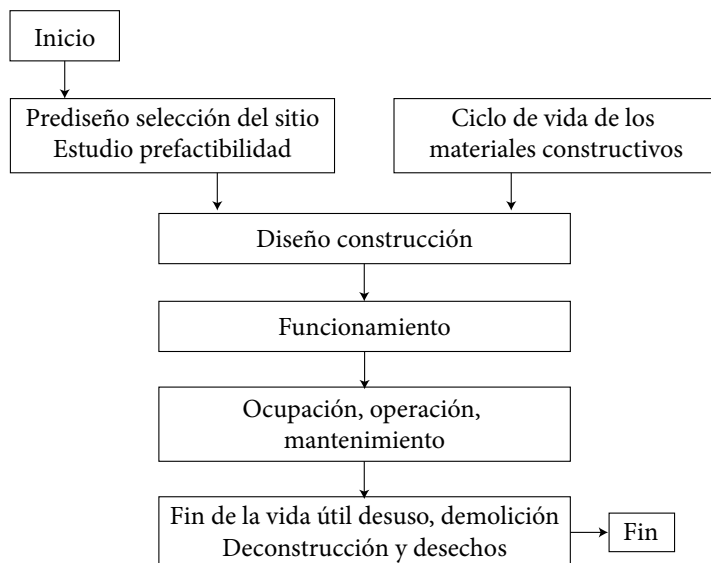


Figura 1.5. Vida útil de las edificaciones

Fuente: elaboración propia.

El tipo de ambiente al que está sometida una edificación incidirá en su durabilidad, expresada en su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y solicitaciones.

a. La durabilidad. El concepto de durabilidad supone que la edificación debe conservar su integridad, sus cualidades en el tiempo mediante las necesarias operaciones de conservación o mantenimiento y las eventuales de reparación. Como agentes de envejecimiento generalmente se consideran: la fatiga producida por las cargas de uso; viento; los movimientos a que está sometida la edificación y sus partes; las acciones de agentes externos como pueden ser los cambios de temperatura, la lluvia, los agentes micro y microbiológicos, las radiaciones ultravioleta, los agentes químicos ambientales (O_2 , CO_2 , SO_2), atmósferas salinas, etc.

Una edificación durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de planeación-proyecto,

ejecución-construcción y funcionamiento de la misma. Una estrategia correcta para la durabilidad debe tener en cuenta que en la edificación puede haber diferentes partes, ya sean elementos estructurales o no estructurales sometidos a distintos tipos de ambiente.

El proyecto de una edificación debe incluir las medidas necesarias para que la estructura alcance la duración de la vida útil definida, de acuerdo con las condiciones de agresividad ambiental y con el tipo de estructura. Para ello, deberá incluir una estrategia de durabilidad, acorde a los criterios establecidos. La agresividad a la que está sometida la estructura se identificará por el tipo de ambiente (Figura 1.6).

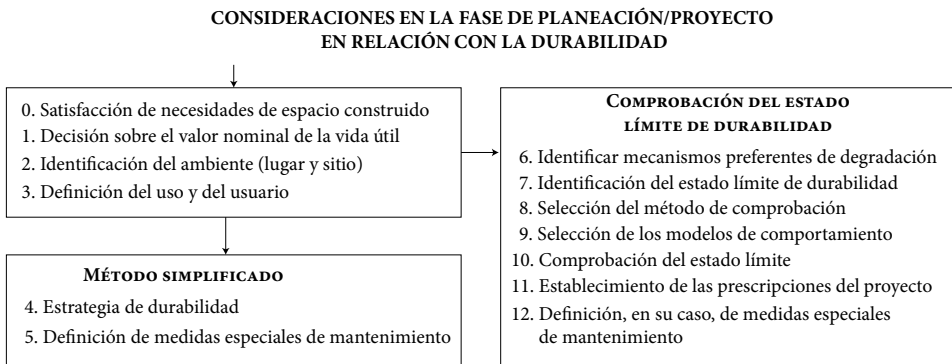


Figura 1.6. Vida útil-durabilidad

Fuente: elaboración propia.

Las edificaciones son sistemas dinámicos, complejos, para su realización se utilizan diversos materiales ensamblados de diferente origen y procedencia, y cuya operación genera impactos a nivel externo e interno, caracterizados por una considerable heterogeneidad espacial y temporal. El deterioro, las lesiones, las enfermedades relacionadas con las edificaciones son el resultado de múltiples factores que, con frecuencia, son difíciles de cuantificar, y que interactúan en forma compleja. Sus condiciones físicas influyen en la “salud” de esta y de sus usuarios.

Para garantizar su permanencia y uso en el tiempo es necesario desarrollar proyectos de investigación con el fin de profundizar en la comprensión de los efectos que tienen las edificaciones sobre la salud de sus usuarios. Las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis de sistemas dinámicos complejos podrían ser de utilidad y vale la pena explorarlas más a fondo.

Si bien es difícil establecer pautas generales claramente definidas que estén basadas en la evidencia para todos los aspectos del diseño, la construcción y

la operación de las edificaciones, en la literatura se destacan varios puntos: Se debería elegir materiales de baja emisión; se debería reducir el uso de materiales que pudieran favorecer el crecimiento de moho; el diseño, la construcción y la operación de edificaciones deberían evitar la acumulación de humedad; la selección de los materiales debería tener en cuenta los requisitos de limpieza y el grado hasta el cual la limpieza puede afectar la concentración del compuesto orgánico volátil (VOC, por sus siglas en inglés) y del material particulado. Los materiales de baja emisión, sumados a un adecuado control de la ventilación, la temperatura y la humedad, contribuirán a una atmósfera interior de mayor calidad.

La salud del individuo, la de la comunidad y la del medio ambiente están interrelacionadas. Se ven afectadas por las decisiones tomadas en las fases de planeación-diseño, ejecución-construcción y funcionamiento u operación de las edificaciones, y debería ser rutinario evaluarlas durante las etapas de planificación. Al margen de la atención que se debe prestar a los efectos directos e indirectos sobre las decisiones concernientes al diseño, la construcción y la operación de edificios, también es necesario reexaminar a fondo el alcance de los servicios clínicos, si es que la industria de la atención de la salud pretende cumplir con su responsabilidad con el medio ambiente.

b. El mantenimiento. Este, como concepto y como necesidad material, ha resultado en América Latina un asunto poco estimado por los profesionales, dado que solo están preparados para la creación de obras nuevas, y por lo tanto el empleo y conocimiento del concepto como categoría ha sido poco difundido y a veces relegado debido a factores económicos y de organización. Esto ha propiciado que las ciudades tengan un alto deterioro de su patrimonio, el que se manifiesta básicamente en las viviendas, representantes estas de la mayor parte de las edificaciones, las que han ido sufriendo un deterioro acelerado a la vez que una reducción importante en su confort y vida útil.

Si esa rehabilitación integral no se realiza, por lo general la edificación, que ha sufrido el deterioro progresivo y permanente del tiempo con las variaciones climáticas, que ha recibido las influencias de los cambios a que ha sido sometido su entorno inmediato o ella misma debiendo a veces responder a necesidades para las cuales no fue proyectada, llega a lo que se denomina obsolescencia físico-funcional, este es un estado en el cual la estructura física de los materiales, componentes constructivos o instalaciones ya no están en condiciones de cumplir sus funciones de manera eficaz, ni correcta, ni siquiera segura, transformando a la edificación en un insalubre y peligroso

lugar, cuyo derrumbamiento aparece cada vez más probable y cuya reparación se vuelve cada vez más compleja (a veces imposible) y costosa (Figura 1.7).

- c. La vulnerabilidad.** Es la condición en la cual los asentamientos humanos o las edificaciones se encuentran en peligro en virtud de la proximidad a una amenaza, deficiente calidad de la construcción o ambas situaciones. La vulnerabilidad de las edificaciones está directamente relacionada con los conceptos de arquitectura sustentable, construcciones seguras, análisis de riesgo y gestión integral de costos/beneficios. El nivel de vulnerabilidad de una edificación se define como el riesgo de recibir daños a causa de amenazas naturales, humanas o tecnológicas.

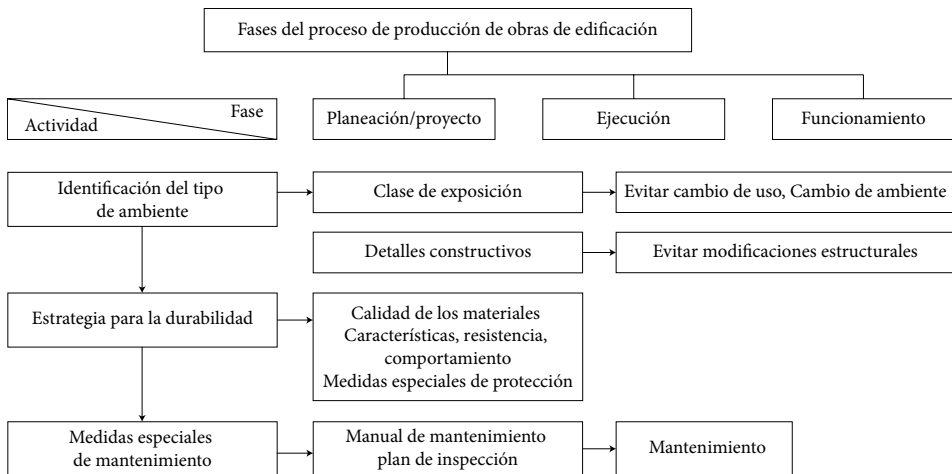


Figura 1.7. Vida útil-mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Las edificaciones tienen una vulnerabilidad propia que resulta más o menos importante, pero inevitable. Las deficiencias inherentes a las técnicas y los materiales utilizados en su ejecución, por un lado, y el uso funcional de los mismos a lo largo de su vida útil, por otro, hacen que vayan sufriendo un implacable deterioro que obliga a alguna intervención en un momento determinado de su vida, a pesar, incluso, de un adecuado mantenimiento (Figura 1.8).

- d. La intervención.** Por otra parte, muchas veces se requiere un cambio de uso de la edificación por diversas causas, que implica una actuación de rehabilitación, para adaptar las estructuras, cerramientos e instalaciones de acondicionamiento existentes a la normativa vigente sobre

habitabilidad, seguridad y ahorro energético. Todo ello implica una intervención en las edificaciones, más o menos importante, según las circunstancias, y esta lleva asociada una serie de acciones, entre las que se encuentran:

- Los estudios previos de información sobre la edificación y su entorno.
- Los estudios acerca del estado de la edificación, especialmente los estudios patológicos, para conocer su integridad fisicoquímica y las condiciones de habitabilidad, la que permite alcanzar un correcto diagnóstico.
- Los dictámenes y peritazgos técnicos para el posible análisis de responsabilidades.
 - Las propuestas de técnicas de intervención para recuperar la integridad y la habitabilidad de la edificación.
 - La valoración correcta de la aplicación de dichas técnicas de intervención.
 - Las gestiones relacionadas con la rehabilitación, incluyendo posibles ayudas externas.

Para enfrentar la situación del deterioro de las edificaciones, es imprescindible la comprensión de los procesos patológicos que en ellas se desarrollan. La literatura refleja que son varios los factores desencadenantes y causantes de este estado, pero sin duda alguna el agua se encuentra presente en el origen de la inmensa mayoría de los problemas, desde los más leves, que pueden ser de tipo estético o de creación de molestias para sus habitantes, hasta aquellos más graves que desembocan en pérdida de la estabilidad y colapso de la estructura.

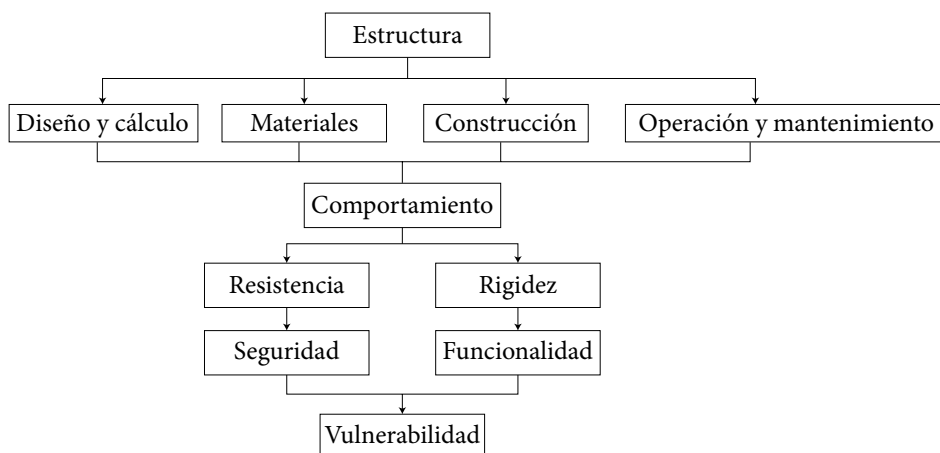


Figura 1.8. Vulnerabilidad estructural

Fuente: elaboración propia.

ACCIONES DEGRADANTES

Existe degradación cuando un material, componente o elemento pierde algunas de sus características esenciales debido a la acción de fenómenos externos o internos de diferente origen y a la cual la edificación no está en capacidad de responder y mantener sus condiciones iniciales.

La degradación también se puede entender como: una pérdida de calidad, es decir, como la transformación de una calidad “x” o superior en otra menor, producto de una acción sobre ella; destrucción o alteración de las propiedades de un material macromolecular; acción y efecto de degradar o degradarse. Se define un material degradable como aquel que está constituido por un material tal que permite mantener completamente la integridad física durante su fabricación, posterior aplicación, uso, y por ende durante la vida de la edificación.



Fotografía de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Se entiende por deterioro las acciones que se producen tanto a nivel externo como interno de las edificaciones, que, ocurridas a través del tiempo, ponen en peligro su existencia, ya sea porque provocan su inestabilidad, porque desvirtúan su apariencia o porque impiden que estas sean comprendidas en su unidad.

Los deterioros ocurren por varias causas: por la acción del ambiente, por la acción de agentes biológicos (flora o fauna) o por la acción del hombre mismo. En ocasiones el deterioro se deriva directamente de la propia constitución de la edificación, materiales empleados o malas técnicas de manufactura.

Los diversos tipos de deterioro se manifiestan de muy diferentes maneras, pudiendo ser detectados en las edificaciones como: cambios en la forma, tamaño y color, alteración de la consistencia o dureza de los materiales, pérdida de partes o elementos, roturas o aparición de manchas u otros agregados sobre la superficie.

Al final de su vida útil el material, componente o elemento es reemplazado o desechado y comienza a cambiar químicamente por influencia de agentes ambientales, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente. Si esos agentes son entes biológicos, fundamentalmente microorganismos (bacterias, mohos, etc.), el material se denomina biodegradable y los productos de la degradación aeróbica son principalmente dióxido de carbono y agua. Si la degradación es anaeróbica los productos principales son el metano y el dióxido de carbono. Por lo tanto, se reconoce la biodegradación como la transformación de una sustancia a un estado tal que disminuyen sus características de impacto ambiental; este puede ser un proceso inducido antrópico o natural que afecta negativamente sus condiciones.

Las leyes de la naturaleza constituyen un compendio de interacciones que modifican nuestro entorno natural y físico, mediante acciones físicas, químicas y biológicas, a las que también se ha sumado la contaminación, como componente negativo de la evolución tecnológica y social del hombre. La escala del tiempo en que actúan estos agentes de intercambio es mayor que la que se desarrolla en torno a nuestra vida cotidiana, por lo que se puede apreciar directamente su velocidad de actuación. Así, elementos que observados día a día parecen permanecer inmutables, con el paso de los años descubrimos que han envejecido.

Las edificaciones no pueden escaparse de las acciones que se han nombrado anteriormente; si en la naturaleza se aplica el término transformación, en la edificación se debe considerar el de degradación. Esta degradación se produce mayormente en las zonas más expuestas como son las

fachadas, las cubiertas y tienen diversos orígenes y son en la mayoría motivadas por factores externos, aunque en muchos casos se generan desde la fase de planeación-diseño, existiendo muchas veces entre ambos una relación. Se presentan situaciones de deterioro en ocasiones por:

- Una elección equivocada de los materiales ante unas determinadas condiciones ambientales o de uso.
- Un revestimiento adecuado para un clima marino cálido puede dar un resultado catastrófico en una zona de montaña, con importantes modificaciones térmicas.
- Del mismo modo, un material idóneo en una orientación sur, puede no serlo con una orientación norte y viceversa.

La consideración de que la estructura de una edificación es independiente de los revestimientos es un error en la valoración de la resistencia de los materiales. La incompatibilidad de deformaciones entre la estructura y los cerramientos, así como los asentamientos diferenciales, son factores que pueden producir fisuras en los revestimientos de la fachada.

Las formas arquitectónicas evolucionan, pero el proyectista a veces olvida cuestiones que tardaron muchos años en tener un comportamiento óptimo. De este modo, las cornisas podrían responder con garantía de éxito a los ciclos de humedad y secado, pero no sucede lo mismo en una fachada que no tiene cornisas u otro tipo de protecciones similares. Los problemas que comporta esta carencia han de estar compensados con un mejor comportamiento de los revestimientos.

Los errores en la ejecución pueden ser producidos por diferentes motivos; uno, frecuente, sería que por ser los revestimientos de los últimos trabajos que se realizan en una edificación, en muchas ocasiones se tienen que compensar los gastos de este elemento constructivo con otras partidas agotadas del presupuesto general, por lo que los trabajos no se efectúan con la calidad y garantías exigibles.

En síntesis, la edificación actúa como un elemento de protección para los usuarios que la usan o la habitan. Recibe sobre sí y soporta todas las agresiones producto del medio ambiente, del uso o de la degradación de los materiales que la constituyen. Los agentes agresores pueden resumirse en dos grupos:

- Agentes externos o exógenos.
- Agentes internos o endógenos.

Los agentes externos o exógenos son la causa de la degradación y destrucción de las edificaciones; están representados por las acciones naturales,

las cuales, dependiendo de su origen, son de orden físico, mecánico, climático o procesos atmosféricos, biológicos, químicos y por las acciones del hombre (Figura 2.1 y Tabla 2.1).

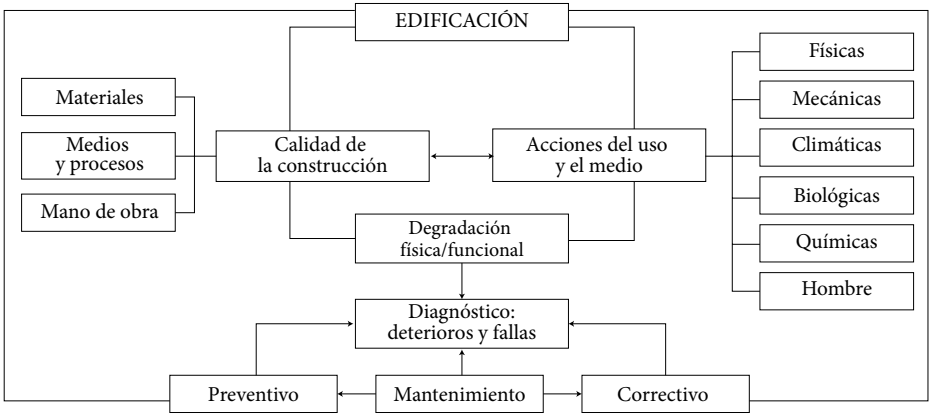


Figura 2.1. La degradación de las edificaciones

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.1. Acciones que pueden ocasionar situaciones inseguras o riesgos y daños en las edificaciones

Agentes naturales	
Acciones físicas	• Sismos
	• Deslizamientos (movimientos en masa)
	• Crecientes
	• Erupciones volcánicas
Acciones mecánicas	• Cargas permanentes en elementos estructurales portantes
	• Cargas propias en elementos no portantes
Acciones climáticas	• Agua: de lluvia, embalsada, nieve, hielo
	• Sol: desecación, acciones químicas (rayos ultravioleta)
	• Viento: presión, erosión
Acciones biológicas	• Animales: de pequeño tamaño (insectos, etc.), de gran tamaño.
	• Plantas: de pequeño porte (hongos, etc.), de gran porte (raíces)
Acciones químicas	• Sales
	• Ácidos o álcalis
	• Oxidación y corrosión
	• Emisión de gases (CO ₂ , etc.)
Acciones antrópicas (acciones producidas por el hombre)	
Acciones directas	• Intruismo
	• Vandalismo
	• Terrorismo
Acciones indirectas	• Transformación del medio natural
	• Contaminación atmosférica
	• Fuego

Fuente: elaboración propia.

Se conoce como causas directas a todas aquellas que corresponden al desencadenante que inicia la degradación de los diferentes elementos o sistemas constructivos de una unidad de obra ejecutada o en proceso. Esta casuística puede manifestarse de distintas maneras, dependiendo del origen del agente que incida sobre el elemento estudiado, aunque generalmente las causas directas se caracterizan por la pérdida de integridad del material expuesto a las mismas o la variación de su aspecto respecto a su estado original. A continuación se definen las causas directas más comunes:

- a. **Causas físicas**, engloban el conjunto de agentes atmosféricos que pueden llegar a actuar sobre la edificación y, en especial, sobre la envolvente (la lluvia, el viento, el sol, las oscilaciones térmicas...). El nivel de afectación de los diferentes agentes variará en función de las condiciones singulares de cada edificación como pueden ser la orientación de las fachadas o su altura (mayor empuje).
- b. **Causas químicas**, referidas a todo tipo de productos químicos y sus reacciones, ya se apliquen de manera accidental, por organismos vivos o se produzcan en el propio ambiente. En este sentido, habrá de atender a los diferentes contaminantes ambientales que reaccionan con algunos elementos pétreos de las fachadas.
- c. **Causas mecánicas**, entendiendo por mecánicas todas las acciones que presenten interacción no controlada sobre la superficie del material, ya sea por una acción no prevista o superior a la calculada. Algunos de los ejemplos más comunes son: la transmisión a los cerramientos y revestimientos de acciones mecánicas por deformación de la estructura, mala traba entre los elementos de cerramiento, impactos y rozamientos provocados por el uso (suelos, parte baja de las paredes...).
- d. **Lesiones previas**. En muchas ocasiones la causa inmediata de una lesión secundaria es otra previa de origen primario, como puede suceder con las humedades, las deformaciones estructurales, las grietas, las fisuras, los desprendimientos, la corrosión o diferentes organismos en la edificación.

Los agentes internos o endógenos hacen referencia a la tendencia propia de cualquier material de construcción a autodegradarse. Todos los materiales tienden a volver a su estado natural, y esta predisposición es tanto mayor cuanto más energía se empleó durante el proceso de fabricación de dicho material; es decir, que un material se degradará más rápidamente cuanto más sofisticado es.

ACCIONES FÍSICAS

En la historia de la evolución de nuestro planeta los fenómenos naturales han estado presentes y hoy en día causan muchos daños en cuanto a la destrucción de asentamientos, las pérdidas de vidas humanas, económicas y las alteraciones en el medio ambiente.

Los fenómenos naturales son las manifestaciones de la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno, y de cualquier expresión que adopta la misma.

Entendiendo que la tierra está en actividad, puesto que no ha terminado su proceso de formación y que su funcionamiento da lugar a cambios en su faz exterior, los fenómenos deben ser considerados siempre como elementos activos de la geomorfología terrestre.

Todo lo anterior indica que los efectos de ciertos fenómenos naturales no son necesariamente desastrosos, pero sí lo son cuando los cambios producidos afectan una fuente de vida con la cual el hombre contaba o un modo de vida realizado en función de una determinada geografía. Los fenómenos naturales no se caracterizan por ser insólitos, más bien forman conjuntos que presentan regularidades y están asociados unos con otros (Maskrey, 1993).

Los fenómenos naturales se expresan en acciones físicas, las cuales pueden generar degradación o destrucción de las edificaciones, entre las que están: sismos, tsunamis, volcanes, deslizamientos de masas, crecientes o inundaciones.

Sismos

El término sismo viene del griego “seismos” (agitación), y el término terremoto, de los vocablos latinos “terra” y “motus” (movimiento de tierra). Los sismos son movimientos convulsivos en el interior de la tierra que generan una liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre en forma de ondas que se propagan en toda dirección, provocando el movimiento del terreno. Estos movimientos se producen por el choque de placas tectónicas; la colisión libera energía mientras los materiales de la corteza terrestre se reorganizan para volver a alcanzar el equilibrio mecánico (Figura 2.2).

Se clasifican en microsismos, cuando son imperceptibles; macrosismos, cuando son notados por el hombre y causan daños en mobiliario y edificaciones; y megasismos, cuando son tan violentos que pueden producir la destrucción de edificaciones, ruina de ciudades y gran número de víctimas. Los macrosismos y megasismos son los conocidos con el nombre

de terremotos o temblores de tierra. Por lo general los sismos duran de 10 a 15 s.; sin embargo, existen sismos de hasta 3 min.

La tierra, en términos generales, está compuesta por una sucesión de capas más o menos concéntricas; en el centro está el núcleo, luego está el manto, luego la astenosfera y finalmente la corteza o envoltura exterior, llamada litosfera. La litosfera o capa exterior de la tierra está formada por cerca de una docena de placas rígidas que se mueven una con respecto a la otra, donde unos bloques se separan de otros o chocan creando megarelieves como cadenas montañosas, arcos volcánicos, dorsales oceánicas, fosas abisales y rifts. Esas mismas fuerzas se encargan, dentro de los continentes, de levantar o hundir regiones, de fracturar o de plegar las rocas y de hacer ascender hasta la superficie grandes volúmenes de magma (Figura 2.3).

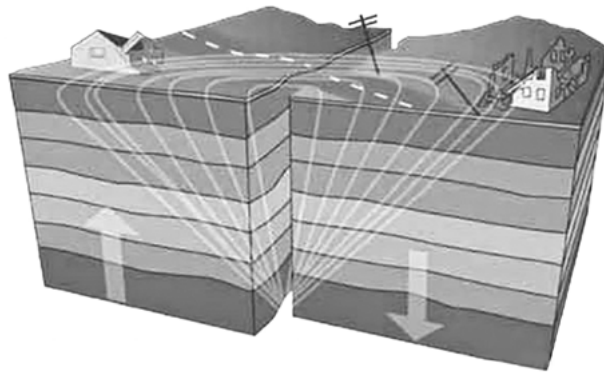


Figura 2.2. Choque de placas tectónicas

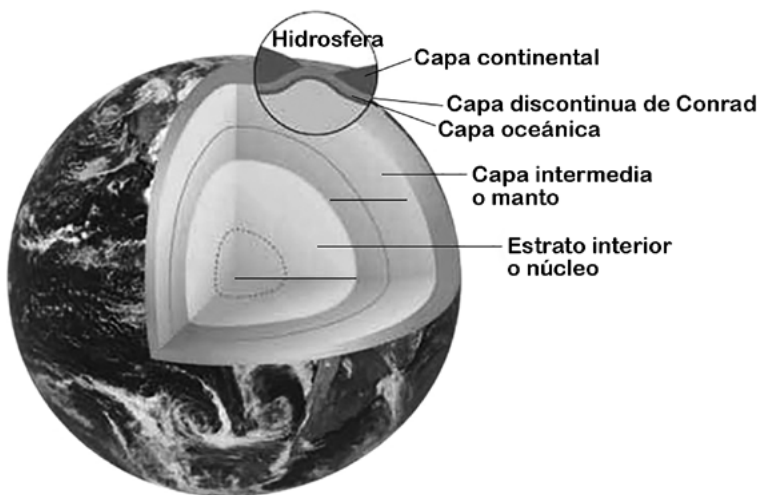


Figura 2.3. Corte del globo terráqueo

Uno de los resultados más importantes de la “dinámica interna” de nuestro planeta ha sido el hecho de que la corteza se muestra dividida en una serie de “placas tectónicas”. Estas placas se mueven unas respecto a otras, generándose en sus bordes la concentración de una gran cantidad de energía. Esta concentración de fuerzas puede llegar a ser lo suficientemente grande como para que se dé una liberación brusca de energía, originándose un sismo, el cual, dependiendo de su posición y de sus características, puede ser de interplaca (falla de interplaca) o de intraplaca (falla local).

Las placas tectónicas, según Alfred Wegener (1912), son las grandes doce zonas en las cuales se divide la corteza terrestre y que están en continuo movimiento, por lo que se están modificando desde que la tierra era una masa única, la cual se denominaba pangea. La tectónica de placas está basada en un modelo de la tierra caracterizado por un pequeño número de placas litosféricas, de 70 a 250 kilómetros de espesor, que flotan sobre una capa subyacente de naturaleza viscosa, llamada astenósfera. Estas placas, que cubren toda la superficie del planeta y contienen los continentes y el piso oceánico, están en movimiento relativo entre ellas, con velocidades de hasta varios centímetros/año (Figura 2.4).



Figura 2.4. Placas principales de la litosfera

Con el tiempo se crea lentamente en las placas oceánicas nueva litosfera, a través de unas cordilleras en el fondo del océano denominadas crestas. La litosfera antigua subduce, o sea, es empujada hacia abajo dentro de la corteza

terrestre, la cual a su vez está formada por otras placas. Al mismo tiempo que la placa rígida original empieza a introducirse dentro de la corteza, esta comienza a elevar su temperatura y al cabo de un periodo de millones de años, es absorbida dentro de la circulación general del manto de la tierra.

Cuando dos placas se mueven una hacia la otra, generalmente la placa que es oceánica se dobla y es empujada por debajo de la placa continental; esta última es más gruesa y más estable. La línea de subducción inicial queda marcada por una trinchera oceánica de gran profundidad. Las placas litosféricas son esencialmente de dos tipos, en función de la clase de corteza que forma su superficie; hay dos clases de corteza: la oceánica y la continental.

- **Placas oceánicas:** Son placas cubiertas íntegramente por corteza oceánica, delgada y de composición básica. Aparecerán sumergidas en toda su extensión, salvo por la presencia de volúmenes volcánicos intraplaca, donde los más altos aparecen emergidos, o por arcos de islas en alguno de sus bordes. Los ejemplos más notables se encuentran en el Pacífico: la placa Pacífica, la placa de Nazca, la placa de Cocos y la placa Filipina.
- **Placas mixtas.** Son placas cubiertas en parte por corteza continental y en parte por corteza oceánica. La mayoría de las placas tienen este carácter. Para que una placa sea íntegramente continental tendría que carecer de bordes de tipo divergente (dorsales) en su contorno. En teoría esto es posible en fases de convergencia y colisión de fragmentos continentales, y de hecho pueden interpretarse así algunas subplacas de las que forman los continentes. Valen como ejemplos de placas mixtas la placa Sudamericana o la placa Euroasiática.

La región donde dos placas están en contacto es llamada la frontera o borde de placas, y la forma en que una placa se mueve con respecto a la otra determina el tipo de frontera o borde: de separación, donde dos placas se alejan una de la otra; de subducción, donde dos placas se mueven convergentemente y una se está deslizando bajo la otra; y de transformación, donde dos placas se están deslizando horizontalmente en direcciones opuestas. Las zonas de subducción se caracterizan por la presencia de profundas fosas oceánicas, y las islas volcánicas o cadenas montañosas volcánicas asociadas con las muchas zonas de subducción alrededor del borde del Pacífico se denominan a veces el “Cinturón de Fuego” (Figura 2.5).

La evidencia sobre la presencia de las zonas de subducción resulta por el conocimiento de la sismología. La mayoría de los sismos, casi todos los que se originan en focos intermedios o profundos, están asociados con la presencia de las zonas de subducción. La localización de los focos y los hipocentros, o sea, los puntos de la superficie localizados encima de los focos sísmicos, se pueden explicar debido a los esfuerzos en las placas de subducción (Figura 2.5).

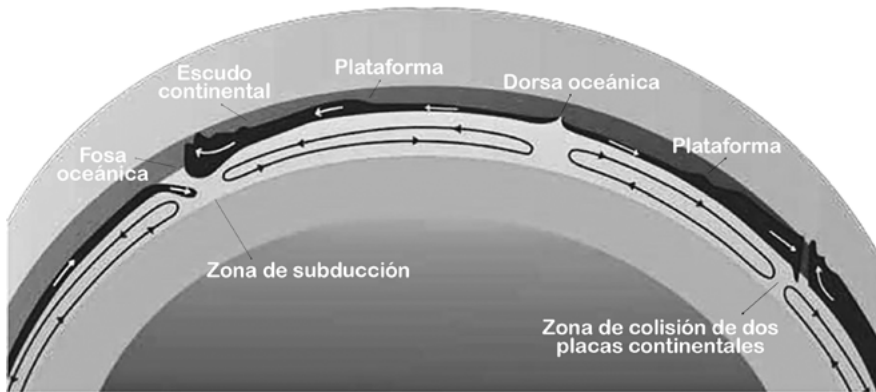


Figura 2.5. Deslizamiento de las placas

Los movimientos sísmicos se pueden producir por dos placas que se presionan mutuamente; esfuerzos en la zona de Benioff de la placa oceánica; fallas o fracturas en la placa continental; volcanismo.

- **Dos placas que se presionan mutuamente:** Muchos de los grandes sismos que ocurren en el mundo, así como los de menor magnitud, suelen presentarse en la zona de corte o de contacto entre las placas tectónicas oceánica y continental; estos sismos son los denominados intraplacas, o sea, sismos entre dos placas. Se caracterizan por tener una alta magnitud (*7), un foco profundo (*20 km), gran liberación de energía y por lo general alejados de los centros de población (Figura 2.6).
- **Esfuerzos en la zona de Benioff de la placa oceánica:** Los sismos de gran profundidad intermedia ocurren generalmente en una zona que se ha denominado zona de Benioff. Esta zona es un plano dentro de la placa oceánica que se inclina hacia el continente; estos sismos se denominan intraplaca dentro de la placa oceánica.
- **Fallas o fracturas en la placa continental:** En la placa continental se encuentran zonas de debilidad denominadas fracturas o fallas geológicas, o sea que hay un desplazamiento o movimiento de una pared respecto a la otra. La liberación de esfuerzos debido a la subducción

de la placa oceánica bajo la placa continental origina en las fallas geológicas sismos superficiales denominados intraplacas dentro de la placa continental.

- **Volcanismo:** Se consideran como un aspecto fundamental de las zonas de subducción. No se sabe realmente en dónde se origina el magma; su liberación genera movimientos sísmicos de una mayor magnitud que los originados en las fallas en la placa continental. Se producen como consecuencia de la actividad propia de los volcanes y por lo general son de pequeña o baja magnitud y se limitan al aparato volcánico.

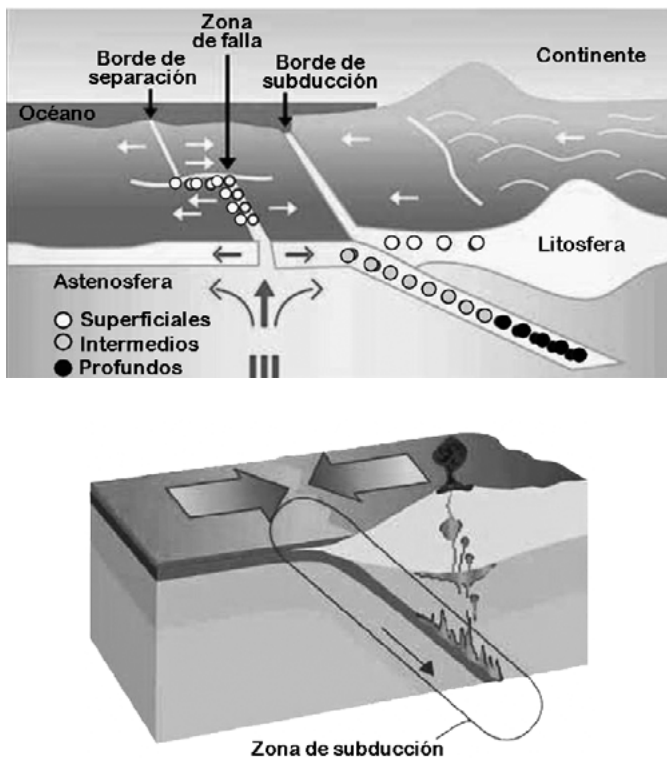


Figura 2.6. Imagen/Subducción de placas tectónicas

El movimiento sísmico obedece a las mismas leyes del movimiento físico de los cuerpos y es el resultado de las vibraciones y ondulaciones de los estratos terrestres; tanto las unas como las otras producen sacudidas que se designan con el nombre de ondas sísmicas, las cuales se producen en el foco del sismo y al llegar a la superficie provocan movimientos muy irregulares.

Cuando en un punto del interior de la corteza terrestre se produce un choque resulta un movimiento vibratorio que se propaga en todos los sentidos por las ondas sísmicas. Las vibraciones son longitudinales y transversales; las primeras se propagan en el interior de la tierra y llegan débiles a grandes distancias y fuertes a pequeñas distancias.

El “golpe” terrestre, provocado por la ruptura y movimiento súbito de las rocas, genera ondas sísmicas en todas direcciones, que transmiten el movimiento o temblor de tierra. El punto donde se inicia la ruptura se denomina foco o hipocentro, y el punto en la superficie terrestre, directamente encima del foco, es el epicentro del sismo.

Las ondas generadas por el sismo son de tres tipos: 1) Ondas primarias o de compresión, longitudinales con igual dirección que la propagación (ondas “P”); 2) Ondas secundarias o de corte, o transversales, las cuales son perpendiculares a las longitudinales (ondas “S”). Estos dos tipos de ondas pueden clasificarse como ondas internas que cuando llegan a la superficie se ven influenciadas por el hecho de terminarse el medio continuo en el cual se estaban desplazando. 3) Ondas superficiales o largas (ondas “L” y “R”), que se clasifican como externas o de superficie, las cuales quedan grabadas sobre el terreno en forma de ondulaciones.

En las ondas longitudinales las partículas se mueven en la misma dirección de propagación de la onda, comprimiendo y expandiendo sucesivamente la roca. Las ondas transversales, en cambio, “sacuden” las partículas en ángulos rectos a la dirección en que viajan. Finalmente, en las ondas superficiales el movimiento de las partículas es algo más complejo (circular), y a medida que viajan a lo largo del suelo, hacen que se mueva este y todo lo que está sobre él, de manera parecida a como el oleaje oceánico empuja un barco (Figura 2.7).

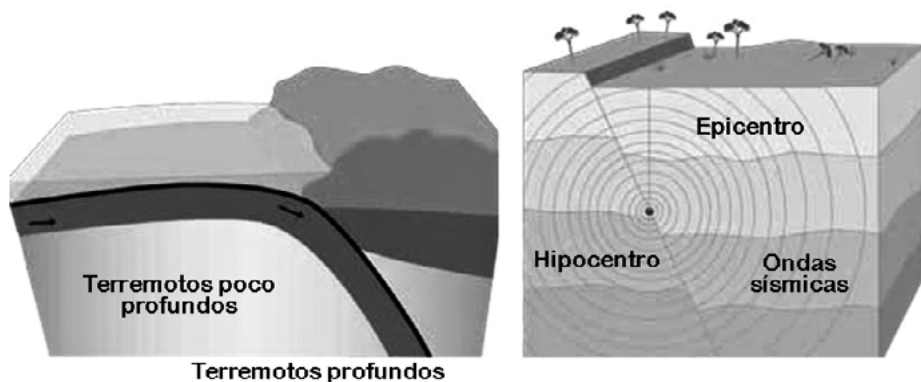


Figura 2.7. Placas que se presionan mutuamente

Los tres tipos de ondas sísmicas viajan a velocidades diferentes, dependiendo del tiempo de onda y de la densidad del medio en el cual se desplazan. Las más veloces en propagarse son las ondas longitudinales, y las más lentas son las ondas superficiales.

En el continente americano, particularmente en América del Sur, se reconoce la existencia de diferentes placas que conforman la corteza terrestre y que por lo tanto, debido a la continua producción de litosfera, generan movimientos sísmicos (Figuras 2.8 y 2.9). En la parte noroccidental de América del Sur se identifican para Colombia tres principales fuentes de sismicidad: Sismos “interplaca” o entre dos placas; sismos “intraplaca” dentro de la placa de Nazca; y sismos “intraplaca” dentro de la placa América del Sur.



Figura 2.8. Placas en Suramérica

Los sismos “interplaca” se originan en la zona de contacto entre la placa de Nazca (oceánica) y la placa de América del Sur (continental), debajo de la costa pacífica. Los sismos “intraplaca”, dentro de la placa de Nazca, se originan en la zona de Benioff. Los sismos “intraplaca”, dentro de la placa de América del Sur, se originan por la liberación de energía o través de las fallas geológicas, localizadas en América del Sur, o sea, en la placa continental.

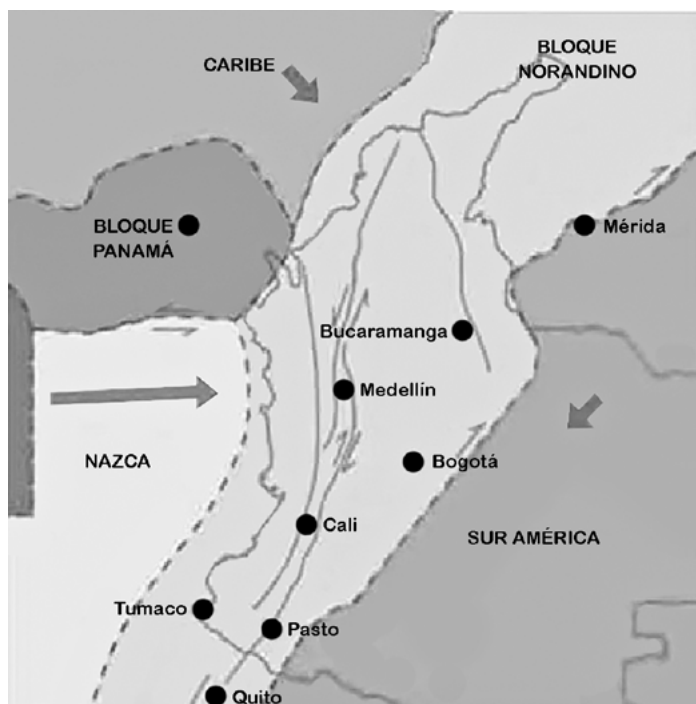


Figura 2.9. Placas en Colombia

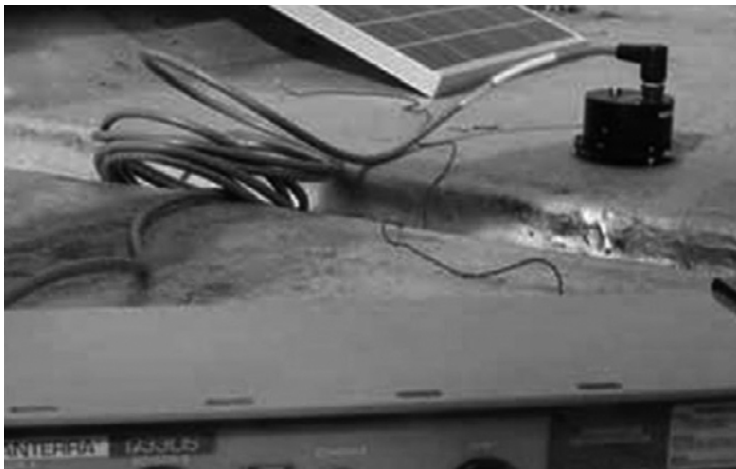
Gonzalo Duque Escobar (2010), en su artículo “Sismos y volcanes en Colombia”, manifiesta que la zona andina es en sí una zona de riesgo sísmico en Colombia. Los sismos son intensos hacia la costa pacífica y hacia el sur y centro occidente de Colombia. También son intensos en el margen llanero y en el occidente de los Santanderes, y en la cordillera Central hasta Honda. En segundo nivel aparece en el norte, centro y oriente antioqueños, la región del Magdalena Medio y el occidente de Santander. Los Andes de Colombia hacen parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las zonas sísmicamente más activas del planeta. La convergencia de las placas Suramericana, de Nazca y del Caribe, hace que este emplazamiento tectónico resulte complejo y que Colombia esté sometida a una serie de movimientos sísmicos procedentes de diversas fuentes.

Entre las fuentes interplaca está la “zona de subducción”, cuya traza superficial discurre de norte a sur, separada unos 150 a 200 km del margen de la costa del Pacífico colombiano.

Los sismos superficiales con posibilidades de generar tsunamis, por lo menos en vecindades de la frontera con Ecuador, pueden llegar a magnitud 8, por lo que esta es la más importante de las fuentes sísmicas del país.

Otra fuente de este tipo es la “Zona de Benioff”, porción más profunda de la zona de subducción, que en la corteza profunda llega hasta más de 100 km, y cuya actividad afecta el centro occidente de Colombia, en la parte norte del Valle del Cauca. Sus magnitudes suelen ser de 7 en la escala de Richter.

Sismicidad asociada a fuentes “intraplaca”. A esta categoría pertenecen varios sistemas de fallas, como el Sistema de Fallas de Romeral, el Sistema de Fallas Cauca-Patía, el Sistema de Fallas del Margen Llanero, el Sistema de Fallas Santa Marta-Bucaramanga, entre otros, y fallas potencialmente activas. Este tipo de fuente, que suele generar en principio sismos de magnitud 6 a poca profundidad, es de las más destructivas cuando los focos someros se dan cercanos a las ciudades, como en el caso de Popayán (1983) y Armenia (1999), también pueden amenazar zonas rurales de los Andes colombianos cuando desencadenan fenómenos poco frecuentes, como la avalancha del Páez (1994).



Fotografía de referencia

Tomada en el Observatorio Sismológico de la Universidad del Valle (OSSO) (2011).

a. Efectos de los sismos

Los efectos que producen los sismos son las consecuencias del paso de las ondas sísmicas a través de las capas terrestres y de su llegada a la superficie. Los efectos pueden ser momentáneos, como los ruidos y maremotos, o permanentes, como derrumbamientos de edificaciones, grietas, fallas, dislocaciones, cambios hidrográficos, etc.

Si bien no es posible pronosticar cuándo se va a producir un terremoto, en las regiones expuestas se producen ciertos fenómenos precursores. Entre esos fenómenos están los ruidos subterráneos, las variaciones del nivel de agua de los pozos, el recalentamiento del suelo, las perturbaciones atmosféricas y la agitación que manifiestan muchos animales domésticos. Los ruidos sordos, prolongados, son ruidos subterráneos indefinibles que preceden, acompañan y siguen a los terremotos y que aumentan lo trágico del fenómeno. Los terremotos pueden producir olas sísmicas que ocasionan terribles inundaciones.

Los manantiales también sufren los efectos sísmicos: algunos desaparecen por breve tiempo o definitivamente, otros cambian la composición mineral de sus aguas, varían de temperatura o se secan. No es raro tampoco que a los sismos los acompañe la formación de volcanillos de lodo que desaparecen pronto.

Los sismos producen en el suelo grietas, hendiduras y desniveles; no es raro que durante las sacudidas esas grietas se abran y se cierren alternativamente. Los estratos de la superficie terrestre se desplazan por efecto de las sacudidas.

Se puede interpretar el efecto de un sismo en las edificaciones como un movimiento brusco en su cimentación. Los parámetros que permiten estudiar las características de dicho movimiento y su efecto en las estructuras son: el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la energía liberada, etc., todos en función del tiempo (pues es un efecto dinámico). Estos datos se obtienen del procesamiento de la información registrada por instrumental adecuado (sismógrafos, acelerógrafos, etc.).

Cuando un terremoto es de intensidad media, se forman grietas en los muros de las edificaciones, se caen las cornisas, pero cuando alcanza su grado máximo, todos los edificios se derrumban como si fueran naipes y aplastan bajo sus escombros a miles de víctimas. A fin de interpretar intuitivamente el efecto que un sismo provoca en las edificaciones, estas se pueden comparar con lo que ocurre a una o varias personas que viajan de pie en un transporte colectivo; las personas representan el edificio, los pies son los cimientos, y el piso del vehículo es el terreno de cimentación. Cada vez que el colectivo experimenta un cambio en la velocidad (esto es una aceleración), se siente una fuerza horizontal que empuja hacia atrás o hacia adelante, según sea que arranque (aceleración positiva) o frene (aceleración negativa) (Figura 2.10).

El valor de dicha fuerza dependerá de la aceleración del vehículo (que representaría la intensidad del sismo) y del peso de las personas (la masa de la edificación). Resulta evidente que cuanto mayor sea la aceleración y el peso, mayor será la fuerza experimentada.

De esta manera, en forma muy simplificada se puede interpretar el efecto del sismo en las edificaciones como “una fuerza horizontal” cuyo valor se determina en función de la aceleración del terreno (intensidad sísmica) y de la masa del edificio (o sea su peso).

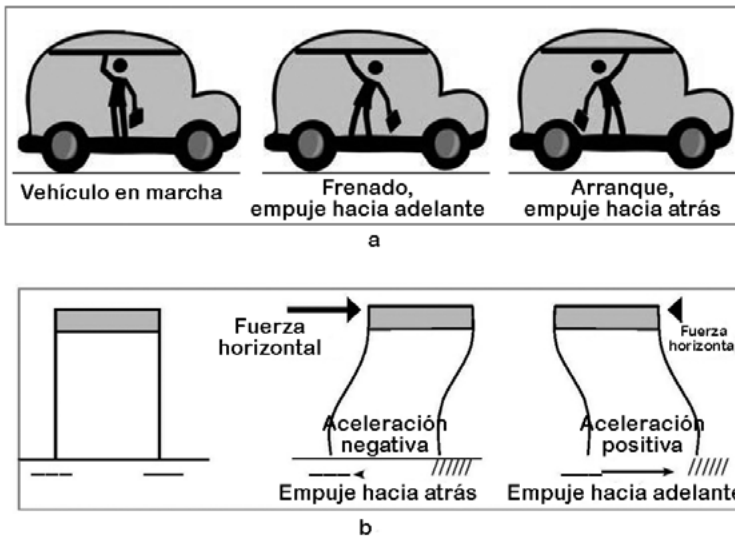


Figura 2.10. Representación esquemática de la fuerza horizontal sobre un (a) vehículo y una (b) construcción

Fuente: elaboración propia.

La aceleración provocada por el sismo en el terreno puede tener cualquier dirección y sentido, y se representa a través de tres componentes: dos horizontales, perpendiculares entre sí (por ejemplo, norte-sur y este-oeste), y una vertical. Las componentes horizontales provocan fuerzas sísmicas en esa dirección, y la vertical da lugar a fuerzas verticales, que se suman o restan (según su sentido), a las fuerzas gravitatorias (peso) de los elementos afectados. Este último efecto es equivalente al que se siente dentro de un ascensor cuando se pone en marcha o se detiene.

Las fuerzas horizontales son las principales responsables de los daños en las estructuras, y tienden a “volcar” las edificaciones; las verticales afectan fundamentalmente a partes estructurales en voladizo, tales como aleros y balcones.

Lo anterior es válido para cualquier elemento expuesto a la acción de un sismo. Es decir, que un objeto cualquiera experimentará durante un sismo fuerzas horizontales y verticales adicionales a su propio peso, las que serán proporcionales a la masa del mismo.

Si bien el sismo constituye un fenómeno dinámico, cuyo estudio implica tener en cuenta innumerables variables, se puede, en forma simplificada, considerar su efecto a través de la acción de tres fuerzas (adicionales al peso propio): dos fuerzas horizontales (según dos direcciones perpendiculares) y una fuerza vertical, aplicadas en el centro de gravedad (lugar donde se puede considerar concentrado el peso) del elemento.

La cuantificación de estas fuerzas es una tarea que requiere una serie de factores, tales como: las características del sismo, las condiciones del suelo, el tipo de estructura (sus características resistentes, estáticas y dinámicas), etc. No obstante, a fin de evaluar este efecto en los elementos comunes en el hogar, la oficina, etc., se pueden estimar dichas fuerzas con un valor igual al peso del elemento. Es decir, que un objeto de peso P se encontrará sujeto a fuerzas horizontales y verticales, como consecuencia de un sismo, aplicadas en su centro de gravedad.

Este criterio debe utilizarse para realizar una revisión a conciencia de todos los objetos existentes en una edificación, ya sea vivienda, oficina, aula, etc., a fin de evitar el posible vuelco de los mismos ante la ocurrencia de un sismo.

La capacidad de destrucción de un sismo depende de la combinación de los siguientes aspectos:

- Magnitud.
- Distancia al foco donde se origina el terremoto.
- Características del suelo, en especial su capacidad de amplificar las ondas del sismo que llegan a través de las rocas.
- Resistencia de los elementos físicos sometidos a las fuerzas generadas por el terremoto.
- Grado de preparación que tenga la población y las instituciones para comportarse adecuadamente antes, en el momento y después de lo ocurrido.



Fotografía de referencia. Haití, Palacio de Justicia luego del terremoto de 2010.

Fuente: Juan Barreto (AFP) (2010).

Muchos de los daños causados por un terremoto se deben no solo a la violencia de la sacudida, sino también, en muchas ocasiones, a otros fenómenos igualmente destructivos que pueden acompañar al evento. Los efectos más comunes provocados por los eventos sísmicos son los siguientes:

- *Destrucción de edificaciones:* La destrucción de edificaciones puede considerarse como el efecto de mayor impacto y con un alto costo social para la población.
- *Destrucción de infraestructura (carreteras, líneas vitales y puentes):* Además de los inconvenientes que generan durante la atención de los desastres, la destrucción de las vías de comunicación terrestre causa gran un impacto en la economía al impedir el transporte eficiente de productos, así como el intercambio de bienes y servicios con la región afectada.
- *Daños diversos al suelo:* Por las características de los suelos, causa problemas a nivel de infraestructura, líneas vitales y a la actividad agrícola. Los daños más relevantes han sido fracturas, asentamientos, licuefacción (el terreno se comporta como arena move-diza o bien presenta eyección de lodo de manera súbita).
- *Deslizamientos o derrumbes:* Sus efectos causan graves daños a la ecología, viviendas, edificios, carreteras, puentes, líneas de transmisión eléctrica, acueductos, etc.
- *Tsunamis o maremotos:* La mayoría se originan por eventos sísmicos de gran magnitud, con epicentro en el fondo del mar.

a. Patologías por acciones sísmicas: Son las producidas por los terremotos o sismos. Los daños producidos por los terremotos y su magnitud dependen de varios factores:

- La fuerza del movimiento.
- Su duración.
- El tipo de suelo, ya que modifica sus características.
- La tipología de las construcciones.
- La cimentación inadecuada, insuficiente o mal arriostrada.
- Los terrenos con pendiente pronunciada.
- La falta de separación entre edificios colindantes.

Aunque a un sismo excepcionalmente fuerte se le puede considerar como una causa accidental, este criterio es válido para regiones de bajo o moderado riesgo sísmico, pero no es aplicable, en cambio, a otras regiones donde hay antecedentes de ocurrencia y donde potencialmente existen riesgos de esta naturaleza.

Los sismos, por su clase e intensidad, generan acciones que, combinadas con las variables propias de cada situación como el suelo, tipo de cimentación y la geometría de la edificación, producen solicitaciones mecánicas de gran importancia que pueden causar efectos destructivos que motivan su colapso o las afecta estática y funcionalmente, a tal punto que en determinados casos deben demolerse.

Los terremotos sucedidos en diferentes regiones del mundo con resultados catastróficos han generado la expedición de normas y códigos con el propósito de prevenir y mejorar el comportamiento de las edificaciones ante estos eventos, su aplicación resulta ser “garantía” para la disminución de sus efectos. En el caso colombiano rige la Norma Sismorresistente (NSR-10), en la que se especifican las diferentes zonas y categorías de riesgo sísmico (Figura 2.11).

En el prefacio de la NSR-10 se expresa lo siguiente:

Las norma sismo resistente NSR-10 presentan requisitos mínimos que en alguna medida garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte: No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de las normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida. Ningún Reglamento de Sismorresistencia, en el contexto mundial, explícitamente exige la verificación de la protección de la propiedad, aunque desde hace algunos años existen tendencias en esa dirección en algunos países. (p. i)



Figura 2.11. Categorías de riesgo sísmico

Fuente: NSR-10 norma sismo resistente.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U.

Se entiende por construcción sismo resistente aquella que posee una estructura resistente, en cuyo proyecto y ejecución se han considerado, además de las cargas permanentes y las sobrecargas de servicio, las acciones provocadas por un eventual sismo. Son, en consecuencia, construcciones capaces de resistir adecuadamente los efectos provocados por un terremoto.

Se considera sismorresistente a toda construcción proyectada y construida de acuerdo con la reglamentación o normativa vigente; esto no significa que la misma no vaya a sufrir daños ante sismos severos.

Los materiales de acabados, dadas sus características, y los procedimientos de fijación, al ser afectados por sismos, pueden presentar desprendimientos y convertirse en elementos peligrosos, que unidos al pánico que genera este tipo de eventos ocasionan daños a las personas y a la propiedad, en muchos casos produciendo muertes y heridas de consideración.

Uno de los factores determinantes de la vulnerabilidad reside en la insuficiente ductilidad de las estructuras de las edificaciones; es decir, su comportamiento frágil frente a los sismos. Un sismo puede ser causado por actividad volcánica, pero la mayor parte son producidos por movimientos a lo largo de las zonas de fractura asociadas con los bordes de placas. La mayor parte de los sismos fuertes, que representan el 80% de la energía total liberada en el mundo por actividad sísmica, suceden en zonas de subducción donde una placa oceánica se desliza bajo una placa continental o bajo otra placa oceánica más joven.

Los efectos de los sismos en las edificaciones e infraestructuras se expresan en lesiones y daños, los cuales pueden ser graves o ligeros.

Daños graves

- Colapso de construcciones, sobre todo aquellas de mala calidad y sin características sismorresistentes.
- Destrucciones y derrumbamientos parciales de edificaciones (caídas de techos, fachadas, tabiques, balcones, muros exteriores, etc.), grietas en los muros, etc.
- Incendios producidos por cortocircuitos, escapes de gas y materias inflamables.
- Inundaciones por roturas de embalses, conducciones de agua, etc.

Daños ligeros

- Fisuras en muros, chimeneas, juntas, etc.
- Caída de trozos de revestimiento, aleros, chimeneas, tejas, macetas, etc.
- Caída de cristales rotos y aplacados cerámicos, especialmente peligrosos cuando caen desde los pisos altos.
- Caída de muebles, objetos colgados, etc.
- Daños en infraestructuras.
- Daños en los sistemas de suministro esenciales (electricidad, agua, gas, etc.), e instalaciones.

- Daños parciales en las vías de comunicación (carreteras, puentes, túneles, vías de ferrocarril, etc.) debido a los asentamientos, desprendimientos y deslizamientos.
- Caída de postes y cables de alta tensión.

No todos los sismos generan tsunamis. Para generar un tsunami, la falla donde ocurre el sismo debe estar bajo o cerca del océano, y debe crear un movimiento vertical (de hasta varios metros) del piso oceánico sobre una extensa área (de hasta cien mil kilómetros cuadrados). Los sismos de foco superficial a lo largo de zonas de subducción son los responsables de la mayor parte de los tsunamis destructores. Forman parte del mecanismo. No todos los terremotos generan maremotos, sino solo aquellos de magnitud considerable (primera condición), que ocurren bajo el lecho marino (segunda condición) y que sean capaces de deformarlo (tercera condición).

Los sismólogos usan la escala de magnitud para representar la energía sísmica liberada por cada terremoto. El norteamericano C. F. Richter, en 1935, ideó una escala que va del 1 al 9 y que se basa en la fuerza de las ondas sísmicas: P (presión), S (desplazamiento) y L (longitud) que se detectan a 100 km del origen del terremoto. Muchos terremotos con magnitud menor de 3.5 pasan inadvertidos, generalmente no se sienten, pero si su registro es mayor de 3.5 a menudo se perciben. Cuatro veces al día se producen terremotos de entre 4.9 a 5.4 de magnitud, que son perfectamente percibidos y que ocasionan daños menores y ligeros. Los de 6.1 a 6.9 pueden ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente. Cada tres meses se produce un sismo de hasta 7.4 que causa graves daños; los más grandes, de 8 o más en la escala de Richter, se llaman “gran terremoto”, que dejan destrucción total a comunidades cercanas; estos se producen cada 5 o 10 años.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U.

Tsunami. La palabra tsunami proviene del japonés TSU: puerto o bahía, y NAMI: ola, o sea que es una ola o serie de olas que se producen en una masa de agua al ser empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente. “Tsunami es el nombre japonés para el sistema de ondas de gravedad del océano, que siguen a cualquier disturbio de la superficie libre, de escala grande y de corta duración” (Van Dorn, 1965) (Figura 2.12).

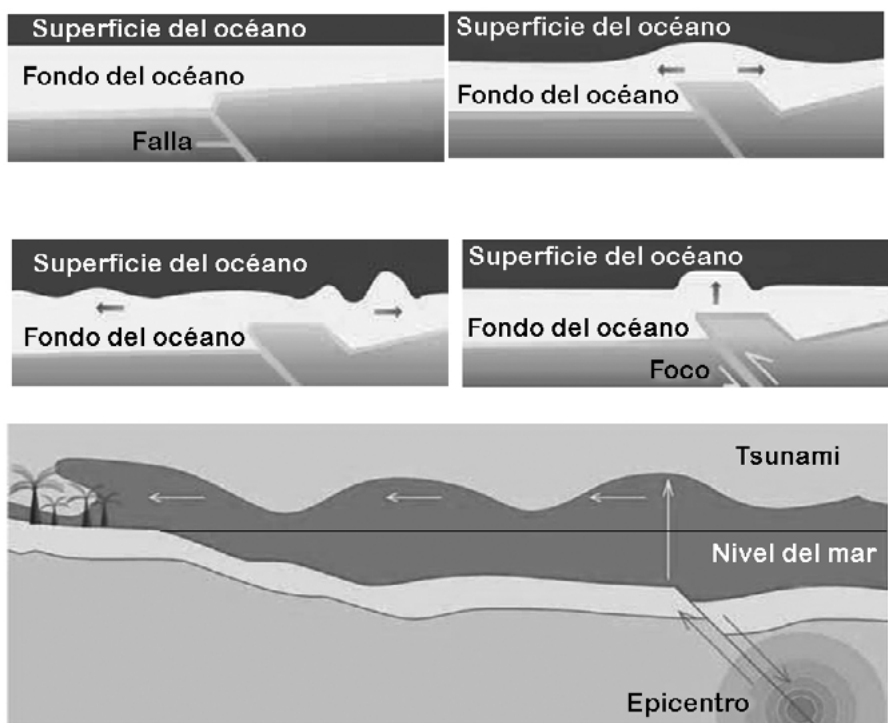


Figura 2.12. Origen del tsunami

El fenómeno que llamamos “tsunami”

[...] es una serie de ondas oceánicas generadas por un disturbio impulsivo en el océano, o en un pequeño y conectado cuerpo de agua. Definido de este modo, el término incluye ondas generadas por desplazamientos abruptos del fondo oceánico, causados por terremotos, deslizamientos de tierra submarinos o de la línea de la costa, erupciones volcánicas y explosiones. (Lockridge, 1985)

En el mar profundo, la distancia entre una cresta de las ondas y la siguiente puede ser de 100 kilómetros o más, pero con una altura de unas pocas decenas de centímetros. Ellas no pueden ser apreciadas a bordo de embarcaciones ni tampoco pueden ser vistas desde el aire en el océano abierto. En aguas profundas, estas ondas pueden alcanzar velocidades superiores a 800 kilómetros por hora.

Se calcula que el 90% de estos fenómenos son provocados por terremotos, en cuyo caso reciben el nombre, más preciso, de *maremotos tectónicos*.

La energía de un tsunami depende de su altura (amplitud de la onda) y de su velocidad. La energía total descargada sobre una zona costera también dependerá de la cantidad de picos que lleve el tren de ondas (en el maremoto del océano Índico de 2004 las zonas más afectadas fueron Indonesia y Tailandia, aunque los efectos destructores alcanzaron zonas situadas a miles de kilómetros: Bangladés, India, Sri Lanka, las Maldivas e incluso Somalia, en el este de África; hubo 7 picos enormes, gigantes y muy anchos). Este tipo de olas remueven una cantidad de agua muy superior a las olas superficiales producidas por el viento.

La mayoría de los tsunamis son originados por terremotos de gran magnitud bajo la superficie acuática. Para que se origine un maremoto el fondo marino debe ser movido abruptamente en sentido vertical, de modo que una gran masa de agua del océano es impulsada fuera de su equilibrio normal. Cuando esta masa de agua trata de recuperar su equilibrio genera olas. El tamaño del tsunami estará determinado por la magnitud de la deformación vertical del fondo marino, entre otros parámetros, como la profundidad del lecho marino. No todos los terremotos bajo la superficie acuática generan maremotos, sino solo aquellos de magnitud considerable con hipocentro en el punto de profundidad adecuado.

Un maremoto tectónico producido en un fondo oceánico de 5 km de profundidad removerá toda la columna de agua desde el fondo hasta la superficie. El desplazamiento vertical puede ser tan solo de centímetros; pero, si se produce a la suficiente profundidad, la velocidad será muy alta y la energía transmitida a la onda será enorme. Aun así, en alta mar la ola pasa casi inadvertida, ya que queda camuflada entre las olas superficiales. Sin embargo, destaca en la quietud del fondo marino, el cual se agita en toda su profundidad (Figura 2.13).

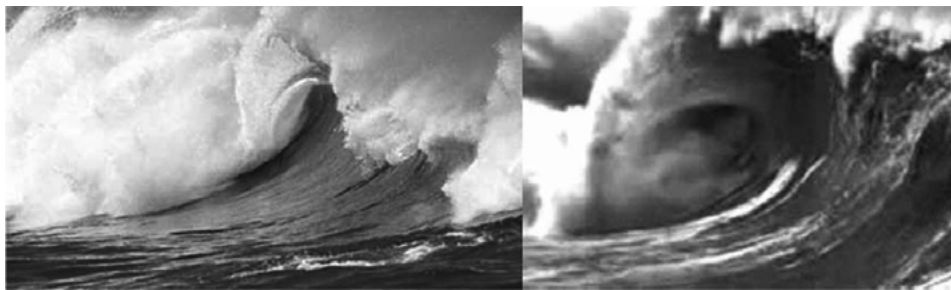
La zona más afectada por este tipo de fenómenos es el océano Pacífico, debido a que en él se encuentra la zona más activa del planeta, el Cinturón de Fuego; por ello, es el único océano con un sistema de alertas verdaderamente eficaz. Si bien cualquier océano puede experimentar un maremoto,

es más frecuente que ocurran en el Pacífico, cuyas márgenes son más comúnmente asiento de terremotos de magnitudes considerables (especialmente las costas de Chile, Perú y Japón). Además, el tipo de falla que ocurre entre las placas de Nazca y la placa Suramericana, llamada falla de subducción (una placa que se va deslizando bajo la otra), hacen más propicia la deformidad del fondo marino y, por ende, el surgimiento de los maremotos.



Figura 2.13. Afectación de un maremoto por morfología

En el contexto colombiano, un terremoto importante, de magnitud 7.9, ocurrió a las 2:59 a.m. (UTC-5), el 12 de diciembre de 1979, a lo largo de la costa pacífica de Colombia y Ecuador. El terremoto y el maremoto asociado fueron responsables de la destrucción de por lo menos seis aldeas de pesca y de la muerte de centenares de personas en el departamento de Nariño. El terremoto se sintió en Bogotá, Pereira, Cali, Popayán, Buenaventura y otras ciudades y aldeas importantes en Colombia, y en Guayaquil, Esmeraldas, Quito y otras partes de Ecuador. El maremoto de Tumaco causó, al romper contra la costa, gran destrucción en la ciudad de Tumaco y en las poblaciones de El Charco, San Juan, Mosquera y Salahonda, en el Pacífico colombiano. Este fenómeno dejó un saldo de 259 muertos, 798 heridos y 95 desaparecidos.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U.

El tsunami más reciente en América del Sur ocurrió el 27 de febrero de 2010 en Chile, en la costa de las regiones del Maule y del Bío Bío; el número total de muertos es desconocido, pero se cree que son cientos. Este se originó a partir de un terremoto de magnitud 8.8 Mw (magnitud de momento sísmico), con epicentro en Cobquecura, 400 kilómetros al suroeste de Santiago. Constitución, Iloca, Pelluhue, Curanipe, Talcahuano y Dichato fueron las más afectadas con el maremoto; otras ciudades afectadas en el interior del país fueron: Talca (capital de la séptima región), Curicó, Hualañé, Licantén; la costa de la sexta región, Pichilemu; en la quinta región Santo Domingo, Llo Lleo, Isla Juan Fernández. Igualmente fueron asoladas la sexta, la séptima y la octava región, primero a causa del terremoto y después por el tsunami.

Olas de hasta 15 metros de altura impactaron en el archipiélago de Juan Fernández, a 650 kilómetros de la costa de Chile continental, dejando varias víctimas y más de una docena de desaparecidos. 19 días después el recuento oficial es de 239 víctimas fatales y un número indeterminado de desaparecidos. Los damnificados llegan a los 2 millones de personas. Una extensión de 500 km de la costa chilena fue arrasada y el movimiento telúrico se sintió con características de terremoto desde La Serena, 450 km al norte de Santiago, hasta la isla de Chiloé, 1000 km al sur de la capital.

Deslizamientos o movimientos de masas

Cada año los deslizamientos de tierra representan una grave amenaza para los asentamientos humanos y la infraestructura. “Deslizamiento de tierra” es un término general que cubre una amplia variedad de formas de tierra y procesos relacionados con el movimiento de descenso del suelo y roca por la influencia de la gravedad. Aunque a veces ocurren conjuntamente con terremotos, inundaciones y volcanes, están mucho más diseminados que aquellas amenazas y con el tiempo causan más daño a la propiedad que cualquier otro evento geológico (Figura 2.14).



Figura 2.14. Deslizamientos de tierra

Fuente: elaboración propia.

Un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de la parte superficial de la corteza terrestre (suelos o rocas), o de escombros, por una pendiente, en forma súbita o lenta, provocado por la inestabilidad de un talud. Se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y se desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor.

Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de inestabilidades son evitables por medios técnicos. Sin embargo, el resto de tipos de corrimientos (flujo de arcilla, licuefacción y reptación) resultan más difíciles de evitar.

Los movimientos en masa son procesos de la geodinámica externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno. Los deslizamientos, a su vez, son la principal manifestación de los movimientos en masa.

Los deslizamientos, como todos los movimientos en masa, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser activados por: lluvias, sismos, erupciones volcánicas, incendios, congelación alternativa o descongelación y por la modificación del terreno debido a la erosión o a la actividad humana.

a. Factores que influyen en los deslizamientos: Los principales factores que influyen en los deslizamientos son:

- La forma del movimiento.
- La forma de la superficie de falla.
 - La coherencia de la masa fallada.
 - La causa de la falla.
 - El desplazamiento de la masa.
 - El tipo de material.
 - La tasa de movimiento.

Los problemas de los deslizamientos de tierra son causados por la mala administración del uso del suelo, en especial en regiones montañosas,

desfiladeros y costas. La zonificación para el uso de terrenos, inspecciones profesionales y diseño adecuado pueden reducir al mínimo muchos de los problemas de los deslizamientos de tierra, corrientes de lodo y desprendimiento de escombros.

Los desprendimientos de escombros y corrientes de lodo son ríos de roca, tierra y otros materiales saturados de agua. Se crean cuando el agua se acumula rápidamente en la tierra, durante las fuertes lluvias o cuando la nieve se derrite a gran velocidad, convirtiendo el terreno en un río caudaloso de lodo o “barro aguado”. Pueden avanzar rápidamente por declives, con poca o ninguna advertencia, a velocidades de avalancha. También pueden viajar varias millas desde su origen y aumentan de tamaño a medida que recogen árboles, piedras, y otros materiales.

La zona andina colombiana es altamente vulnerable a los deslizamientos de tierra por la conjunción de factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y antrópicos (construcción de carreteras, centros poblados, etc.). A lo largo de los años, este fenómeno ha traído consigo numerosas pérdidas en el ámbito social y económico (Polanco, 2001), situación que se hace particularmente grave durante los períodos invernales, cuando las lluvias prolongadas y las lluvias intensas de corta duración desencadenan deslizamientos.

Los deslizamientos de tierra pueden catalogarse entre profundos y superficiales, de acuerdo con el espesor de la capa de meteorización involucrada en el movimiento en masa, que es la directamente afectada por la saturación de agua, la cual, a su vez, provoca disminución en la cohesión y pérdida de la cementación entre las partículas de suelo, así como incremento en las presiones de poros (Sidle & O’Loughlin, 1985; Suárez, 1998). Todo esto hace que las fuerzas desestabilizadoras desequilibren el sistema y ocasionen que una porción de tierra se deslice por una pendiente.

Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal causa de un deslizamiento, su ocurrencia también depende de las siguientes variables, las cuales son de orden natural, antrópicas o humanas:

Naturales

- Composición del suelo y del subsuelo.
- Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes).
- Orientación de las fracturas o grietas en la tierra.
- Precipitaciones (cantidad de lluvia en el área).
- Crecimiento de aguas subterráneas.
- Socavamiento de ríos.
- Erosión del suelo.

- Actividad sísmica.
- Erupciones volcánicas.

Antrópicas o humanas

- Deforestación de laderas y barrancos.
- Banqueros (cortes en ladera para abrir canteras, construcción de carreteras, edificaciones o casas).
- Construcción de edificaciones con materiales pesados sobre terrenos débiles.
- Falta de canalización de aguas negras y de lluvia (drenajes).

Los daños que causan los deslizamientos se dan tanto sobre la cobertura vegetal como en las obras de infraestructura ubicadas en el área de influencia del fenómeno, que pueden incluir áreas topográficamente inferiores y superiores al fenómeno.

Los deslizamientos de tierra en áreas urbanas son a menudo inducidos por acciones humanas:

- Interrupción del curso de las aguas y contaminación del agua potable.
- Nuevas construcciones en las cuales se usan métodos de “desmonte y terraplén”, los cuales perjudican la estabilidad de la ladera.

La resistencia a desmoronarse depende del terreno. Por ejemplo, la arena seca tiene un menor ángulo de deslizamiento que la tierra compacta, que posee una mayor resistencia al desmoronamiento. De forma general, los factores que condicionan o influyen en estos movimientos del terreno podrían ser:

- Sobrecargas que incrementan el peso, superando la capacidad portante del terreno original (Figura 2.15).
- Saturación del suelo por la infiltración del agua de lluvia, en especial cuando las construcciones cambian el drenaje natural. Ello implica un aumento del peso propio del depósito, que hace disminuir el ángulo de rozamiento interno y su cohesión.
- Movimientos de terreno por actividad sísmica de la zona.

b. Tipos de deslizamientos. Los deslizamientos o movimientos de masa no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan. Estas son algunas de las formas más frecuentes:

Desprendimientos

Son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales en las cuales se produce el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques, los cuales

descienden en caída libre. El volcamiento de bloques de rocas generalmente desencadena un desprendimiento.

En suelos, los desprendimientos son causados por socavaciones de taludes debido a la acción de la erosión de quebradas o del hombre. En macizos rocosos son causados por socavación debido a la erosión, un incremento de la presión debido a la presencia de agua. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial, producto de la resistencia variable del suelo a la erosión.

Los desprendimientos o caídas son relevantes en este tipo de sistema debido a que se trata de la caída de un bloque o de varios bloques, los cuales pueden ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior.



Figura 2.15. Sobrecargas que incrementan el peso

Fuente: elaboración propia.

Desprendimiento lateral

Las fallas por desprendimiento lateral son una forma de falla planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana, la cual representa una zona débil; los bloques se separan progresivamente por tensión y retrogradan.

Este tipo de falla es común en valles de ríos y se asocia también a arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal

con una zona continua de debilidad. También se presenta en coluvios con pendientes suaves, los cuales se encuentran sobre suelos residuales o rocas.

Caída

Una caída se inicia con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, rebotando o rodando. Ocurre en forma rápida, sin dar tiempo a eludirla.

Volcamiento

Consiste en el giro hacia delante de una masa de suelo o roca respecto a un punto o eje debajo del centro de gravedad del material desplazado, ya sea por acción de la gravedad o por presiones ejercidas por el agua.

Deslizamiento

El deslizamiento del terreno corresponde a un movimiento del suelo, generalmente por acción de fallas de corte (resbalamiento) a lo largo de una o varias superficies, o debilidad del terreno en donde el material deslizado puede quedar intacto o romperse (Figuras 2.16, 2.17 y 2.18 y Tabla 2.2).

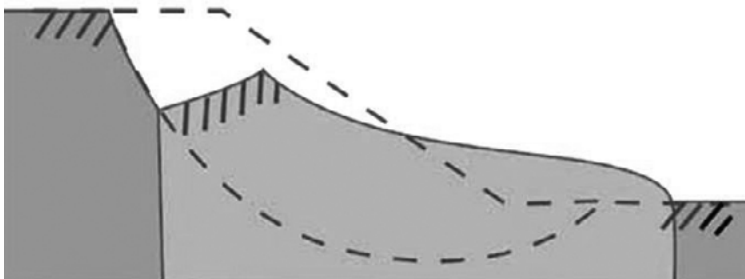


Figura 2.16. Movimiento simple

Fuente: elaboración propia.



Figura 2.17. Movimientos sucesivos

Fuente: elaboración propia.

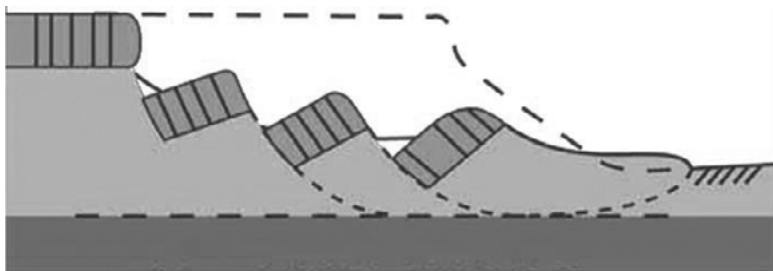


Figura 2.18. Movimiento múltiple

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.2. Deslizamientos, tipos de falla, forma y definición

Tipo de falla	Forma	Definición
Desprendimientos	Caída libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.
	Desparramamiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento de escombros	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o suelo roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Usualmente originado por exceso de presiones de poros.
Repteo		Movimiento lento e imperceptible en el talud bajo de una masa de suelo o suelo roca.

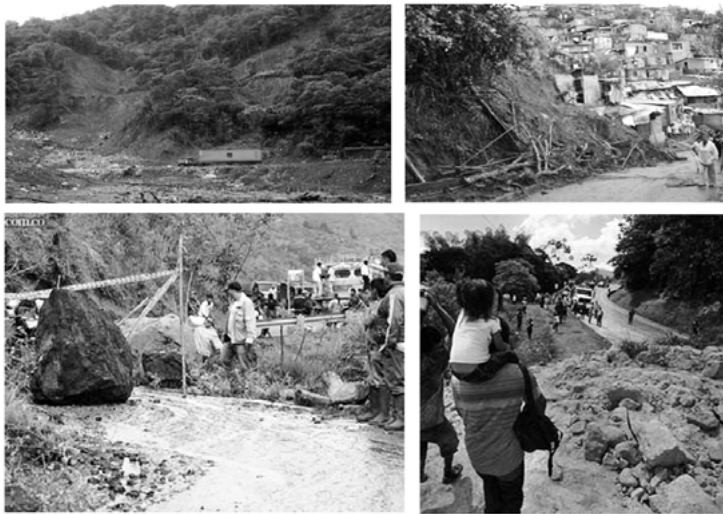
Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1997, p. 16).

Los materiales que componen los deslizamientos de tierra se dividen en dos clases: lecho de roca y de suelo (tierra y materia de desecho orgánico) (Jiménez, 2002). Se suele presentar de dos formas:

Deslizamiento rotacional: Son los desplazamientos de suelos o rocas blandas a lo largo de una depresión del terreno. Estos ocurren o tienen lugar

a lo largo de una superficie de ruptura de forma curva o circular o semicircular y cóncava hacia arriba. El movimiento se efectúa por rotación alrededor de un eje paralelo al desplome, generalmente en terrenos constituidos por suelos, depósitos inconsolidados y rocas muy alteradas o fracturadas.

A su vez estos movimientos se subdividen en simples, sucesivos y múltiples. Deslizamiento rotacional simple, cuando la superficie de ruptura rotacional es única. Deslizamiento rotacional sucesivo, cuando se presentan movimientos repetitivos que no comparten la misma superficie de falla. Deslizamiento rotacional múltiple, cuando se presentan varias superficies de ruptura.



Fotografías de referencia

Fuente: Elkin Salcedo Hurtado, Observatorio Sismológico, Universidad del Valle.

Deslizamiento traslacional: Consiste en movimientos de capas delgadas de suelo o rocas fracturadas a lo largo de superficies con poca inclinación. El desplazamiento de la masa se da a lo largo de una superficie de ruptura de forma plana u ondulada. Se relaciona más a movimientos en los cuales la superficie de ruptura coincide con un plano estructural, como un plano de buzamiento de una falla geológica, un plano de estratificación, un plano defoliación, diaclasa o fractura.

- **Derrumbe:** Se debe a las fuerzas que causan rotación de la roca fuera de su posición original. La parte rocosa puede haberse estacionado en un ángulo inestable, balanceándose en un punto de giro del cual se inclina o rueda hacia adelante. Un derrumbe tal vez no contenga mucho movimiento y no necesariamente provoca una caída o desprendimiento de rocas.

Derrumbes planares: Los derrumbes planares consisten en el movimiento de uno o más bloques de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir de una forma lenta a rápida y pueden ser destructivos. En regiones montañosas los desprendimientos masivos de roca resultan desastrosos especialmente en períodos lluviosos, y en muchos casos no pueden ser prevenidos.

Derrumbes rotacionales: Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente, en forma de cuchara, y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante. Al finalizar, la masa se ha desplazado sustancialmente dejando un escarpe en la cresta. La principal causa de este tipo de falla es un incremento en la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración. Las consecuencias de este tipo de falla generalmente no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o en sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

- **Propagación lateral:** Grandes bloques de tierra se propagan horizontalmente fracturándose de su base original. El proceso puede ser causado por licuefacción, donde la arena o el sedimento suelto y saturado asumen un estado fundido. La propagación lateral generalmente ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6 por ciento y típicamente se propagan 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros, donde las condiciones sean favorables. En el caso de propagación lateral usualmente hay rompimiento interno, formándose numerosas grietas y acantilados. El proceso puede ser causado por licuefacción donde la arena o el sedimento suelto y saturado asumen un estado licuado. Usualmente ocurre por el estrechamiento del suelo (p. e., un terremoto). Durante el terremoto de 1964, en Alaska, se destruyeron o dañaron más de 200 puentes por la propagación lateral de los depósitos de llanos inundables cerca de canales fluviales.
- **Avalanchas:** Son el movimiento rápido de escombros de suelo y roca, el cual puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla, especialmente en presencia de agua. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados. Las principales causas de avalanchas son: grandes fuerzas de filtración, alta

pluviosidad, derretimiento de nieve (Nevado del Ruiz, en 1985), sismos y cedencia gradual de los estratos de roca.

- Las avalanchas ocurren de manera brusca, sin previo aviso, y generalmente son impredecibles. Los efectos han llegado a ser desastrosos, sepultando extensas áreas al pie del talud, por alteración en las cuencas naturales de drenaje.
- **Aludes:** Los aludes avanzan como un líquido viscoso, a veces muy rápido y pueden cubrir varios kilómetros. No es necesaria la presencia del agua para que se produzca el alud; sin embargo, la mayoría de los aludes se forman después de períodos de intensas lluvias. Un alud de lodo contiene por lo menos 50% de arena, sedimentos y partículas de arcilla.
- **Zalmr:** Es un alud de lodo que se origina en la pendiente de un volcán y que puede ser activado por las lluvias, por repentino derretimiento de nieve o glaciales, o por el agua que fluye de lagos de cráteres. Un torrente de acciones es una mezcla acuosa de tierra, rocas y materia orgánica combinada con aire y agua; los torrentes de eyecciones ocurren usualmente en barrancos empinados. Los aludes muy lentos, casi imperceptibles de tierra y lechos de rocas se llaman movimientos paulatinos; durante largos períodos de tiempo los movimientos paulatinos del terreno pueden causar la caída de postes telefónicos y otros objetos.
- **Flujos de tierra:** Son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos frecuentemente arrastran parte de la capa vegetal.
- **Flujos de lodo:** Se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, alcanzando gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga.
- **Reptación:** Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. El repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud a bajos niveles de esfuerzos, lo cual generalmente solo afecta a las porciones más superficiales del talud, aunque también puede afectar a porciones profundas en aquellos casos donde exista la presencia de un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicativo de condiciones favorables para el deslizamiento. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.

De acuerdo con el movimiento, los deslizamientos son rodados. Los rodados son una masa de roca u otro material que desciende por medio de

una caída o rebote en el aire, siendo muy comunes a lo largo de caminos empinados, acantilados o arrecifes socavados, especialmente en las regiones costeras.



Fotografía de referencia

Fuente: El Pais.com.co, Fuerza Aérea Colombiana.

Según la velocidad del movimiento de la masa de tierra, los deslizamientos se clasifican en:

Rápidos: Alcanzan velocidades hasta de metros por segundo y se pueden originar en zonas con pendientes muy fuertes y empinadas, donde domina la caída de rocas y residuos que se acumulan formando un talud; entre estos están los desprendimientos y los flujos de lodo.

Las velocidades son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material; algunos indicadores que evidencian la presencia de un deslizamiento lento son: inclinación de los árboles a favor de la pendiente, inclinación de cercas, agrietamiento de edificaciones.

Fenómenos causales: Los deslizamientos de tierra ocurren como resultado de cambios, súbitos o graduales, en la composición, estructura, hidrología o vegetación de una ladera. Estos cambios pueden ser causados por:

- **Vibraciones** por terremotos, explosiones, maquinaria, tráfico y truenos. Algunos de los deslizamientos de tierra más desastrosos han sido provocados por terremotos.
 - **Cambios en el contenido del agua** causados por copiosas precipitaciones y subida de los niveles del agua subterránea.

- **Remoción del apoyo lateral** causado por erosión, falla previa de la ladera, construcción, excavación, deforestación o pérdida de vegetación estabilizadora.
- **Exceso de peso** de lluvia, granizo, nieve, acumulación de piedras sueltas o material volcánico, acumulación de roca, acumulación de desechos y peso de edificaciones y vegetación.



Fotografía de referencia

Fuente: ElPais.com.co, Fuerza Aérea.

- **Desgaste** y otras acciones físicas o químicas pueden disminuir la fuerza de las rocas y del suelo con el tiempo.

FACTORES INFLUYENTES EN LA ESTABILIDAD

- Antecedentes históricos.
- Factores geométricos (altura e inclinación).
- Factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud).
- Factores hidrogeológicos (presencia de agua).
- Factores relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad) (Figura 2.19).

a. Características de identificación:

Los deslizamientos se identifican por:

- Agrietamientos del terreno.

- Grietas o fracturas muy anchas (indicador del desplazamiento de la masa del terreno).
- Inclínación anormal de los árboles; estos no poseen verticalidad.
- Cambios en la coloración del agua (de clara a café) de las corrientes que descienden de las partes altas.
- Corrientes de agua cargadas con lodo y fragmentos sólidos.
- Desprendimientos de pequeñas cantidades de suelos o rocas.
- Hundimiento del suelo.
- Relación entre cantidad de precipitación y el tiempo que tarda esta.

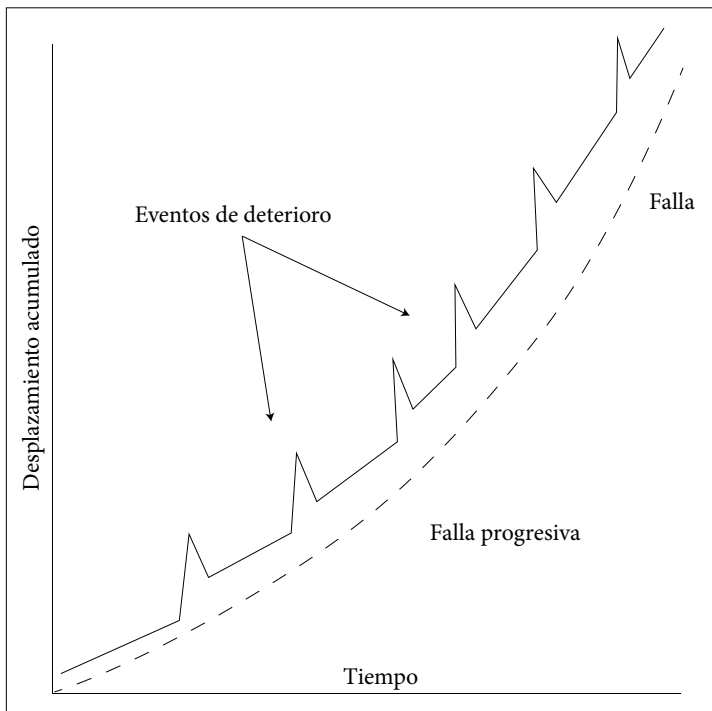


Figura 2.19. Desplazamiento acumulado

Fuente: elaboración propia.

Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas son explosiones o emanaciones de lava, ceniza y gases tóxicos desde el interior de la tierra a través de los volcanes. El volcán es un canal o chimenea hacia la superficie de la tierra desde un depósito de roca fundida, llamada magma, en la profundidad de centro de la tierra.

Actualmente hay aproximadamente 600 volcanes activos en el mundo (han hecho erupción en el registro de la historia), y muchos miles están

inactivos (podrían activarse nuevamente) o se han extinguido (no se espera que hagan erupción nuevamente). Como promedio, unos 50 volcanes hacen erupción cada año.

Un estudio de estas erupciones recalca la importancia de los estudios geocientíficos previos al desastre, las evaluaciones de amenazas volcánicas, la vigilancia del volcán y la planificación de la emergencia y estimula las comunicaciones entre científicos y autoridades; es especialmente apremiante el problema de que la mayoría de los volcanes más peligrosos del mundo están en países densamente poblados, donde son escasos los recursos para monitorear su actividad.

Los fértiles suelos volcánicos y los pintorescos terrenos atraen a la gente a instalarse en las faldas de los volcanes.

Estos asentamientos son más vulnerables si están ubicados en lugares “a favor del viento” o en el paso de canales activos de corrientes de lodo o lava o cerca de canales con posibilidad de inundarse a causa de los embanques. Las estructuras cuyos diseños de techos no resisten la acumulación de cenizas son también vulnerables, aun a kilómetros de distancia del volcán. Todos los materiales combustibles corren riesgo (Figura 2.20).

La erupción de un volcán genera la destrucción completa de todo lo que se encuentra al paso de los flujos piroclásticos, de los aludes de lodo o lava, incluyendo la vegetación, tierra agrícola, asentamientos humanos, estructuras, puentes, caminos y otro tipo de infraestructura.

Las estructuras suelen derrumbarse bajo el peso de la ceniza, especialmente cuando está húmeda. La ceniza que cae puede estar muy caliente y causar incendios. Las inundaciones suelen ocurrir debido al rebalse de los canales con depósitos volcánicos o a causa del derretimiento de grandes cantidades de nieve o hielo glacial. Los ríos pueden cambiar su curso debido al exceso de sedimentación. La lluvia de cenizas puede destruir los sistemas mecánicos, obstruyendo por ejemplo las aperturas de los sistemas de irrigación, motores de aviones y otro tipo de motores. Los sistemas de comunicación se interrumpen a causa de las tormentas eléctricas que se desarrollan en las nubes de cenizas. El transporte aéreo, terrestre y marítimo también se ve afectado. La interrupción del tráfico aéreo debido a grandes erupciones de ceniza puede tener graves efectos en la respuesta de emergencia.

Gonzalo Duque Escobar (2010) dice que al determinar los niveles de la amenaza sísmica en las diferentes regiones de Colombia, el 86% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de amenaza sísmica apreciable: en zonas de amenaza alta aparecen cerca de 475 municipios con el 35% de los habitantes; en zonas de amenaza intermedia 435 municipios con el 51%

de la población; y en zonas de amenaza baja 151 municipios con aproximadamente el 14% de los colombianos. Pero el riesgo no solo depende del grado de amenaza sísmica, sino también del grado de vulnerabilidad que en general tienen las edificaciones en cada sitio.

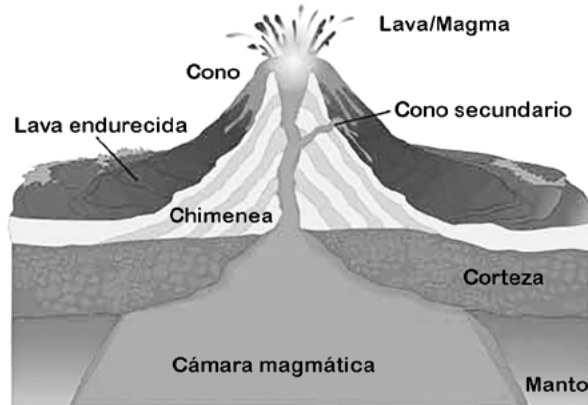


Figura 2.20. Corte de la erupción de un volcán

Fuente: elaboración propia.



Fotografía de referencia

Fuente: Ingeominas, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán.

Las erupciones volcánicas se producen por el calentamiento del magma del interior de la tierra, que busca salir a través de los volcanes. Estas pueden provocar daños irreparables tales como la pérdida de vidas humanas. Algunas víctimas mueren por lesiones o quemaduras provocadas por los escombros de estructuras derrumbadas por las ondas sísmicas del volcán, o por la lava emanada. Otros perecen por inhalar gases venenosos, y hasta hay personas que mueren por el intenso calor en el área del siniestro (Figura 2.21).

Materialmente, las erupciones volcánicas son devastadoras, ya que pueden producir sismos, deslizamientos de tierra, incendios, y hasta tsunamis si la erupción ocurre cerca al mar. Si en su zona de influencia se encuentran hospitales, centros de salud, escuelas, sistemas de agua y viviendas en general, podrían ser destruidos totalmente. Las cenizas pueden dañar los cultivos, contaminar el agua y la atmósfera por largo tiempo, llegando incluso a cambiar los patrones climáticos del área.

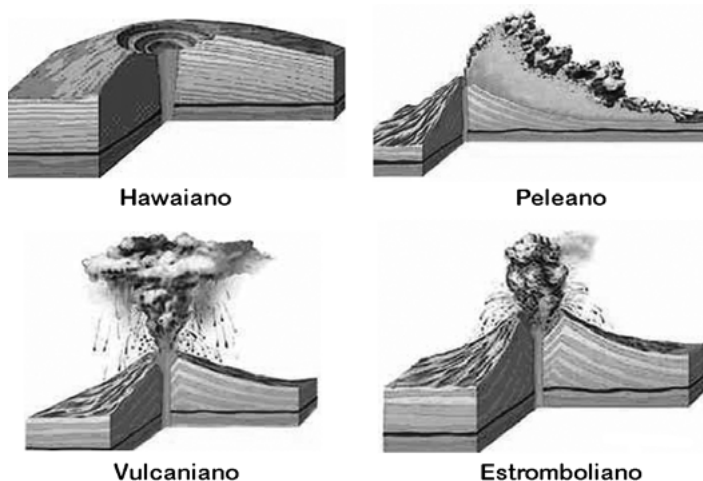


Figura 2.21. Tipos de volcanes

Fuente: elaboración propia.

Las formas volcánicas actuales no son solo resultado de fases eruptivas muy rápidas durante las cuales se edifican los aparatos volcánicos, sino también de etapas en las que la erosión progresa a ritmos diferentes en función de la morfología de los conos, del tipo de material del que están compuestos, de su edad, de los rasgos de su área de emplazamiento, del ambiente morfoclimático en el que se inscriben, etc. y durante las cuales se produce la degradación de los conjuntos volcánicos. La etapa constructiva suele corresponder, en el caso de los edificios volcánicos simples, a períodos temporales de duración variable de semanas, meses, incluso años. La fase erosiva se caracteriza, por el contrario, por intervalos temporales más prolongados. Es precisamente esta dialéctica entre los procesos de construcción volcánica y los de desmantelamiento lo que provoca que los territorios volcánicos se caractericen por ser paisajes muy dinámicos, en los que los cambios son, en muchas ocasiones, perceptibles a escala humana. Independientemente de cuáles son los factores que regulan la dinámica morfogenética, todos los autores coinciden en individualizar dos etapas básicas en las fases de modelado

de los edificios volcánicos (Romero, 1991; Inbar, Lugo-Hubt & Villers, 1994; Beltrán, 2000). La primera de ellas se produce inmediatamente después de finalizar la erupción y durante la misma tienen lugar importantes y rápidas remodelaciones de la forma del volcán asociadas al enfriamiento y asentamiento de los materiales eruptivos (Romero, 1991).



Fotografías de referencia

Fuente: Ingeominas, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán.

Tal es así, que algunos autores señalan que la transformación que experimentan los edificios volcánicos recién construidos puede llegar a ser tres o cuatro veces superior a la de los territorios inmediatos a la erupción (Swanson, Collins, Dunne & Wicherki, 1983). Los procesos generados durante esta primera fase actúan, por lo tanto, de modo independiente al sistema morfoclimático en el cual se inscriben los volcanes. En la segunda etapa, el desmantelamiento de los conjuntos volcánicos se lleva a cabo en relación directa con el ambiente morfoclimático del área de emplazamiento del conjunto volcánico, y su intensidad depende de los rasgos de ese ambiente, pero, por lo general, los cambios introducidos en la morfología son tanto más importantes cuanto mayor sea la exposición a los agentes erosivos. Sus efectos, aunque más contundentes, suelen ser menos perceptibles a escala humana.

Entre los eventos de origen volcánico sobresalen el de Armero (1985) y el del Huila (1997). Este último, similar por sus efectos a los causados por el sismo del Páez (1994). Las zonas volcánicas de Colombia extienden sus áreas de influencia hasta donde los ríos que drenan desde los glaciares de los volcanes nevados encuentran sus valles de salida: es el caso del flujo de lodo de 60 millones de m³ que en 1985 destruye a Armero, a causa de la tercera erupción histórica del volcán nevado del Ruiz.

Obras y edificaciones ubicadas sobre el nivel del suelo se ven afectadas por la erupción de corrientes de lava, de piedras o grandes rocas que pueden

ser lanzadas a gran distancia, produciendo daños. Según la violencia de la erupción, los daños en las obras podrán ir desde las leves hasta la destrucción total de cualquiera de ellas, dependiendo de la distancia de las obras al foco de esta y de otros factores aleatorios.



Fotografías de referencia

Fuente: Ingeominas, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán.

Crecientes, inundaciones y avalanchas

Las crecientes son eventos extraordinarios que se presentan en los cauces de las corrientes naturales durante las cuales las magnitudes de los caudales superan con creces los valores medios que son normales en dichas corrientes.

Una inundación es la ocupación lenta o violenta por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, debido a fuertes precipitaciones fluviales o al deshielo o a la ruptura de embalses, que originan el desbordamiento de ríos y arroyos, lagunas o lagos, por lluvias torrenciales, o mares por subida de las mareas por encima del nivel habitual o por avalanchas causadas por maremotos, volcanes, entre otros.

Se pueden presentar en forma lenta o gradual en llanuras y de forma violenta o súbita en regiones montañosas de alta pendiente.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura en vegas y riberas.

En las zonas costeras los embates del mar han servido para modelar las costas y crear zonas pantanosas como albuferas y lagunas que, tras su ocupación atópica, se han convertido en zonas vulnerables.

Los problemas de inundaciones son particulares y pueden ocurrir tanto en cauces de montaña como en cauces de llanura, aun cuando son más frecuentes en estos últimos. Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del

suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebase su cauce e inunde tierras adyacentes.

Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, ubicados en zonas adyacentes a los ríos y cursos de agua. Las llanuras de inundación son, por lo tanto, propensas a inundación y un peligro para las actividades de desarrollo si la vulnerabilidad de estas excede un nivel aceptable.

Algunos de los problemas ocasionados por las inundaciones son los siguientes:

- Anegamiento de las llanuras de inundación y daños en edificaciones, vías de comunicación y producción agropecuaria, con pérdida de vidas humanas, en algunos casos.
- Drenaje lento de las áreas inundadas, las cuales se convierten en depósito de aguas prácticamente estancadas. Esta situación genera problemas sanitarios sobre la población.
- Ataques del flujo sobre las márgenes del cauce principal, lo cual produce cambios de curso permanentes y pérdida de áreas productivas.

La frecuencia de inundaciones depende del clima, del material de las riberas del río y de la pendiente del canal. Cuando ocurre copiosa precipitación en una determinada estación cada año, o la inundación anual es resultado del deshielo, las llanuras de inundación pueden ser inundadas casi todos los años, aun a lo largo de grandes ríos con muy poca pendiente de canal. En las regiones que no sufren extensos períodos con temperaturas bajo cero, las inundaciones generalmente ocurren en la época de mayor precipitación. Cuando el mayor número de inundaciones son resultado del deshielo, frecuentemente acompañado por precipitación, la época de inundaciones es la primavera o el inicio del verano.

Las llanuras de inundación no son estáticas ni estables. Están compuestas de sedimentos no consolidados, se erosionan rápidamente durante inundaciones y crecidas de agua, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos estratos de lodo, arena y limo. En tal virtud, el río puede cambiar de curso e ir de un lado de la llanura de inundación al otro.

El ancho de una llanura de inundación está en función del caudal del río, velocidad de la tasa erosionante, pendiente del canal y dureza de su pared. Las llanuras de inundación no son usuales en los canales de las partes altas de la cuenca fluvial, porque los ríos son de poco caudal, las pendientes y la velocidad de profundización son altas y las paredes del valle frecuentemente muestran roca firme sin cobertura.

En ríos moderadamente pequeños, la llanura de inundación usualmente se encuentra solo en el interior de la curva de un meandro, pero la ubicación de la llanura de inundación se alterna de lado a lado a medida que el río fluye en meandros de un lado del valle al otro.

Las construcciones, rellenos de tierra y otras intrusiones en la llanura de inundación ocupan espacio que se necesita para el paso de los flujos de la inundación. Esto puede resultar en daño de las actividades de desarrollo, así como en una inundación más extensa, río arriba y junto al desarrollo.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Henry Jiménez E., Eidenar, Universidad del Valle.

Se puede contribuir a prevenir las inundaciones si se evita construir edificaciones en zonas tradicionalmente inundables y de alta amenaza como las riberas de los ríos y quebradas, planicies y llanuras o valles de inundación. Es importante no destruir bosques, ni vegetación en los lugares cercanos a quebradas o ríos. Las tierras cercanas a los ríos que puedan ser debilitadas por el agua deben protegerse sembrándoles especies de rápido crecimiento que se extiendan fácilmente por el suelo.

Los eventos naturales tales como deslizamientos de tierra, caída de ceniza volcánica, lahares y deslizamiento de derrubio pueden aumentar la cantidad de sedimentos transportados por el río. Los sedimentos de estos eventos pueden ser depositados tanto en el canal como en la llanura de inundación. Esto puede llevar a que el canal se llene de derrubio y se reduzca su capacidad para agua. La reducción de capacidad del canal, aunque sea temporal, puede dar lugar a inundaciones más frecuentes de la llanura de inundación y contribuirá a su modificación (Figura 2.22).

Aunque el término avalancha se refiere a los aludes de nieve, su nombre es utilizado comúnmente para designar los flujos de agua con lodos y

detritos que ocurren en los cauces de los ríos como eventos extraordinarios por causa de sismos, erupciones volcánicas o lluvias intensas. Cuando las avalanchas se generan por erupciones volcánicas en picos nevados reciben el nombre de lahares. En los últimos años han ocurrido en Colombia dos avalanchas catastróficas, el lahar del nevado del Ruiz en 1985, que sepultó la ciudad de Armero, y la avalancha del río Páez, ocasionada por un sismo en 1994, que afectó las comunidades de los departamentos de Cauca y Huila.

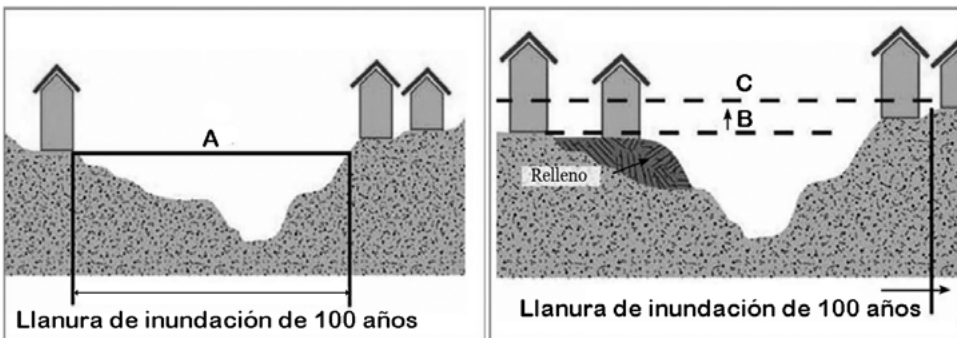


Figura 2.22. Corte transversal generalizado, de una hipotética llanura de inundación fluvial

Fuente: elaboración propia.

Si se conocen con un nivel de aproximación razonable las magnitudes de las crecientes que se pueden presentar durante la vida útil de una obra, es claro que las estructuras se pueden diseñar con una gran confianza en cuanto a los aspectos técnicos y económicos. En efecto, la estabilidad de la obra durante la vida útil de diseño depende en gran parte de su capacidad para soportar los efectos que se producen sobre la estructura cuando pasan las crecientes extraordinarias. Estos efectos se traducen en impactos, presiones, socavación, taponamientos y desbordamientos.

Las zonas por donde el agua entra o invade terrenos secos deben ser protegidas con obras que controlen las crecientes en épocas invernales (jarillones con suelo compactado o con sacos o costales llenos de piedras y arena) y que impidan el paso del agua. Así mismo, los pasos de estas corrientes de agua o los sistemas de alcantarillado que transportan el agua lluvia y sanitaria deben estar libres de escombros y basuras que obstaculicen su libre flujo. Para que esto no ocurra hay que sensibilizar a la comunidad para evitar la acumulación de desechos, que estos no taponen los desagües y que esta contribuya a limpiarlos periódicamente.

EFFECTOS GENERALES DE LAS INUNDACIONES

En general, la magnitud de los daños estará relacionada con:

- El nivel que alcancen las aguas en la inundación, la violencia y rapidez con que se produzca, y el área geográfica que cubra;
- La calidad del diseño y construcción de las obras, en cuanto a haber o no considerado y adoptado precauciones para un cierto nivel de inundación previsto.
- La calidad del terreno donde se sitúan las obras en cuanto a su capacidad de resistir o no la erosión que pueden provocar las inundaciones, así como la calidad de los terrenos adyacentes a las obras en cuanto al riesgo de derrumbes o deslizamientos de tierras que podrían provocar lluvias torrenciales o persistentes.

Gustavo Silva (2003), en el documento Control de inundaciones, expresa que: En Colombia se producen inundaciones sistemáticamente en zonas perfectamente definidas como se desprende del siguiente aparte tomado del *Estudio nacional de aguas* publicado por el Departamento Nacional de Planeación en 1985:

El problema de inundaciones en el país puede dividirse en dos grupos, cada uno con características diferentes. El primero de ellos se refiere a la inundación de extensas zonas con vocación agrícola. Estas zonas permanecen bajo el agua durante una gran parte del año, como consecuencia de la imposibilidad de drenaje durante la estación invernal. Por otro lado, están las características avenidas de los ríos, con período de retorno de varios años, las cuales ocasionan cuantiosas pérdidas. El más claro ejemplo del primer tipo de problemas se presenta en la Depresión Momposina, hacia la cual drenan los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge y Cesar, y de donde se desprende el Canal del Dique. Dentro de esta zona existen estudios básicos llevados a cabo por el Proyecto Colombo-Holandés. Como parte de este trabajo se adelantó el Proyecto Nechí-San Jacinto identificado como el de más alta prioridad dentro del conjunto de posibles proyectos en la planicie del Bajo Magdalena. (p. 2)

A pesar del gran potencial agrícola en la mencionada zona, la recuperación de tierras envuelve innumerables problemas de tipo social, ecológico e hidráulico, los cuales son de difícil solución técnica y política. La adecuación de tierras en esta zona implica la desecación de ciénagas con los

consiguientes perjuicios para la vida acuática, creando grandes conflictos sociales debido a intereses disímiles entre los pescadores y los agricultores que se asientan en la zona. Así mismo, los proyectos de esta naturaleza requieren de la construcción de diques que impidan el paso del agua hacia la zona adecuada. Esto deja la zona en condiciones altamente vulnerables, puesto que una falla de los diques ocasiona inundaciones de gran magnitud y cuantiosas pérdidas, debido al uso intensivo de la tierra en la zona. Además, la construcción de diques a lo largo de los grandes ríos hace que se pierda el almacenamiento natural existente y, por lo tanto la amortiguación de las crecientes creada por dicho almacenamiento, lo que perjudica a las áreas localizadas aguas abajo de la zona en cuestión. (p. 2)

Los problemas anteriores ya se han detectado en el sur del Atlántico y en otras áreas vecinas. Esto debe servir de alarma para que en la adecuación de tierras sujetas a inundaciones extensas se preste la debida atención a los aspectos sociales, ecológicos y de ingeniería, los cuales solo pueden analizarse dentro de un contexto de desarrollo integrado de la región. (p. 2)

Las avalanchas y las inundaciones siguen presentes en la geografía del país; en el último año se han producido desbordamientos de ríos, caso de Sangoyaco, Mulato y Mocoa, en el municipio de Mocoa, departamento de Putumayo; la Paila, en el municipio de Corinto, departamento del Cauca, que han generado muertes y destrucción. Las razones tienen que ver con el impacto del cambio climático, construcción de viviendas en cercanías al cauce de los ríos, las fuentes hídricas, la intensificación de las lluvias que aumenta el caudal de las corrientes de agua, la remoción de cobertura verde en los lechos de las fuentes hídricas y la deforestación de los bosques primarios en la parte media y alta de las cuencas respectivas que ante lluvias torrenciales, intensas y prolongadas hacen que las cuencas se saturen y como no hay zonas de amortiguación, ni de retención, las rocas del fondo empiezan a empujarse unas con otras de tal manera que cuando el río llega donde hay cambio de pendiente, el material acumulado de lodo, arena, piedra y árboles hace que se represe, se rebose y se salga de su cauce, destruyendo todo aquello que encuentra a su paso, con lo que se generan situaciones de riesgo para las comunidades.

Las zonas donde se presentan inundaciones ocasionales se encuentran diseminadas a lo largo de casi todo el país. En general, constituyen zonas altamente desarrolladas, tanto rurales como urbanas, debido a que los prolongados períodos de retorno involucrados en dichos fenómenos hacen que las personas afectadas subestimen la magnitud del riesgo. Para la

protección de áreas sujetas a este tipo de inundaciones se deben considerar no solo aspectos hidrológicos sino también económicos.

Ante eventos de fuertes lluvias, la población debe estar atenta a la disminución en los caudales de los ríos y quebradas, dado que puede significar la obstrucción en alguna parte de la cuenca, lo que se traduce, sin atención inmediata, en avalanchas o desbordamientos. Por lo que se recomienda:

- No obstruir ni desviar los cauces de los ríos, tampoco secar humedales o manglares, pues este tipo de ecosistemas sirven como reguladores de las corrientes fluviales, factores que evitan desbordamientos.
- No deforestar; los árboles, arbustos y matorrales tienen la capacidad de retener las grandes corrientes de los ríos.
- No fracturar o dañar sistemas de obras como los jarillones con el tránsito de animales o carreteables o construyendo sobre ellos.
- Si se presenta algún tipo de actividad como la anterior, comunicarse con las autoridades competentes para activar los planes de contingencia necesarios.

Los bosques sirven como administradores del agua. En épocas de pocas lluvias permiten que el líquido salga de forma controlada y evitan la sequía, y en la temporada de invierno acumulan el recurso dosificando su escorrentía, pero cuando se priva a los ecosistemas de coberturas vegetales, el agua desciende sin barreras, sin control y se evidencian este tipo de situaciones.

ACCIONES MECÁNICAS

Son acciones que tienen origen y naturaleza en solicitudes mecánicas producto de cargas propias en elementos no portantes, que generan esfuerzos simples o combinaciones de compresión, tensión, tracción, flexión u otros, o también en elementos portantes por la interacción con elementos no portantes producto de sismos o vientos, cambios de uso, entre otros.

Se considerarán cinco categorías de acciones mecánicas, de acuerdo con la duración en que obran sobre las estructuras con su intensidad máxima:

Las acciones permanentes

Las cuales inciden sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo, entre las cuales están: la carga muerta, el empuje estático de suelos y de líquidos y las deformaciones y desplazamientos impuestos a

la estructura debido a pre-esfuerzos o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos.

Se consideran como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo, las cuales dependerán de las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y de los pesos unitarios de los materiales. El peso propio de la estructura y demás elementos fijos de la edificación como la mampostería, los pisos, los revestimientos o la cubierta no suelen presentar, en condiciones normales, mayores niveles de riesgo como causa directa de daños.

Acciones entre elementos de la edificación

Se consideran también en cuanto a la forma en que se relacionan e interactúan los elementos portantes y los no portantes, como cerramientos, instalaciones, teniendo en cuenta las acciones horizontales originadas por sismos y vientos y cómo estos funcionan con los cerramientos de cubierta en general; además es necesario analizar su integridad ante el peso propio, y a su vez la interacción suelo-estructura, un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo, las cuales dependerán de las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y de los pesos unitarios de los materiales. El peso propio de la estructura y demás elementos fijos de la edificación, como la mampostería, los pisos, los revestimientos o la cubierta, no suelen presentar en condiciones normales mayores niveles de riesgo como causa directa de daños.

Las acciones variables

Las cuales obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en esta categoría son: la carga viva, los efectos de temperatura, las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo.

Se considerarán cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. En estas cargas no se incluye el peso de muebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos. Cuando se prevean tales cargas deben haber sido cuantificadas y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada. Los valores

adoptados deberán haber sido justificados en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales.

Las acciones de uso o cambios de uso

Debidas al funcionamiento de la edificación, maquinaria y equipo, incluyendo los efectos dinámicos que pueden presentarse por vibraciones, impacto o frenado. En el caso de modificaciones en las cargas vivas, producto del cambio de uso y servicio, los deterioros y daños pueden llegar a ser significativos. Estas fallas originadas por indebida utilización del edificio, uso de la edificación distinto al previsto o excesiva concentración de personas, son consecuencia de solicitudes extremas que al no haber sido contempladas en el cálculo estructural, en la selección de materiales, en los factores de seguridad, generan colapsos de mediciones impredecibles.

Las acciones accidentales

Son las que no se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas solo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría: las acciones sísmicas donde los elementos no estructurales se activan y estos puedan generar daños en la estructura; los efectos del viento; las cargas de granizo; los efectos de explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden suceder en casos extraordinarios, para lo cual es necesario tomar precauciones en las estructuras, en su cimentación y en los detalles constructivos, para evitar un comportamiento catastrófico de la estructura en caso de que ocurran estas acciones.

ACCIONES CLIMÁTICAS

El clima y las condiciones ambientales del lugar generan acciones en las edificaciones que producen deterioro y estas se conocen en términos generales como de intemperización, y son el resultado de la incidencia de factores como la luz, la humedad, la temperatura, el viento y la contaminación, entre otros (Figura 2.20).

Los factores exógenos o externos dependen de los procesos atmosféricos o del clima, se subdividen en degradación y agradación. Degradación significa destrucción del relieve mediante la meteorización de las rocas, erosión de los suelos y movimientos de tierras. Agentes externos como la precipitación, la escorrentía, el hielo, el viento y el oleaje hacen posible la degradación. Dichos agentes contribuyen a su vez con el transporte de materiales de unos lugares a otros para determinar la agradación; es decir,

que la acumulación de sedimentos traerá consigo la construcción de otros relieves.

Los acabados, al ser la epidermis de la obra misma, están sujetos a las condiciones del medio ambiente y la escogencia de los materiales debe estar acorde a los influjos a que han de estar sometidos. Las acciones climáticas son originadas por el agua, el sol, el viento, etc.

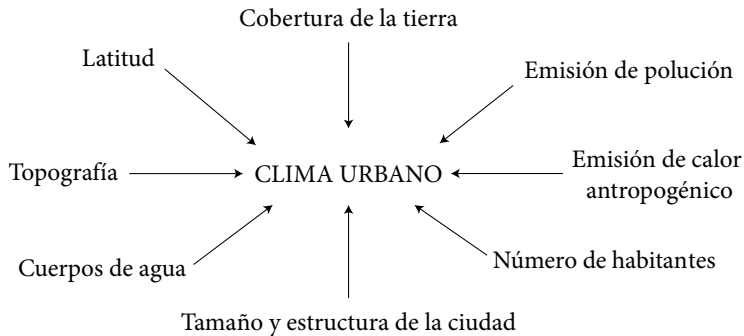


Figura 2.23. Factores que inciden en el clima urbano

Fuente: elaboración propia.

El agua

En general, para que haya procesos de deterioro en los materiales, se requiere de la presencia de agua. El factor principal es el estado de humedad en el material y no en la atmósfera circundante. Sin embargo, la humedad de la atmósfera circundante contribuye a los fenómenos de deterioro en la medida en que se presentan ciclos de humedecimiento y secado en el material.

El agua es causa de una serie de deterioros que afectan en diversas formas los materiales y componentes de los edificios. El agua puede manifestarse en la obra por efectos de capilaridad en el interior de los muros o a través de los pisos en contacto con el suelo, por absorción de la lluvia en los materiales expuestos a la intemperie, por filtraciones en cubiertas, por goteo de desagües, etc. Con esta manifestación causa un sinnúmero de deterioros en la edificación y en sus partes, que afectan su función y su vida útil. Cuando el agua es a presión, una simple avería en la red puede producir daños considerables, así como cuando se trata de aguas negras que manchan e infectan las superficies con implicaciones de carácter higiénico que generan secuelas de malos olores, mal aspecto, focos infecciosos y sus efectos (Figuras 2.24 y 2.25).



Figura 2.24. Efectos del agua



Figura 2.25. Solución improvisada, impermeabilización

Las acciones nocivas del agua no son solo de carácter físico, sino que estimula ciertos procesos químicos o biológicos, expandiendo sustancias agresivas como los álcalis o ácidos contenidos en el medio ambiente o en los mismos materiales. La incidencia del agua en la superficie afecta en mayor o menor escala la estructura del material y en la medida de su vulnerabilidad provoca mutaciones de orden químico o físico. Se manifiestan en forma de: oxidación, eflorescencia, desprendimiento y en general todo lo que significa desestabilización de la materia, que demeritan su apariencia y afectan los niveles de habitabilidad. En el caso del vapor de agua, su mayor agresión consiste en que mediante el fenómeno de la condensación del estado higroscópico del aire se origina la humedad, esta puede provenir del interior del soporte o trasdós de la obra hacia afuera, siendo la más difícil de controlar, pues por lo regular la propia estanqueidad del acabado impide la respiración o transpiración del soporte, lo que contribuye a que los vapores de agua queden cautivos y den origen a la humedad que deteriora y degrada el material. Este fenómeno arruina frecuentemente los recubrimientos a base de pinturas, salvo en caso de que contengan vehículos acrílicos, que al

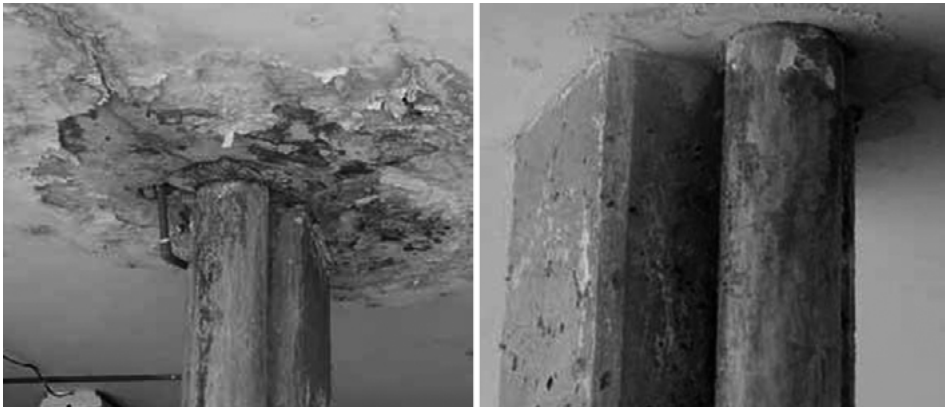
tiempo de ofrecer impermeabilidad contra el agua proveniente del exterior, conforman una película permeable a los gases que se producen del trasdós de la obra, permitiendo así la transpiración del soporte.

Los materiales y componentes expuestos al agua deben tener características de impermeabilidad para contrarrestar los fenómenos de filtración y de absorción; es conveniente en su selección considerar la rata de secado o capacidad hidrófuga, la solubilidad y el grado de repelencia al agua, factores que influyen notablemente en la subsistencia del acabado.

En el caso de materiales de aplicación no continua o de componentes de la edificación, las juntas entre ellos deben garantizar condiciones de impermeabilidad que disminuyan al máximo el paso del agua por filtración y absorción.

Efecto de la temperatura

Cuando se hace referencia a la agresividad de los procesos físicos, mecánicos, químicos o biológicos del material, se olvida hacer mención de la temperatura. El efecto de la temperatura es muy importante por cuanto ella incide notablemente en la velocidad con la cual pueden ocurrir los fenómenos de deterioro.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Las reacciones químicas usualmente son aceleradas por el incremento de la temperatura. Una regla general es que un aumento de la temperatura de diez grados centígrados, duplica la velocidad de la reacción. Por ello, los climas tropicales (cálidos y húmedos), se consideran más agresivos que los demás.

Efecto de la presión

La presión atmosférica y el régimen de vientos también tienen incidencia sobre la durabilidad de los materiales expuestos al aire, por cuanto puede darse deterioro por erosión de partículas arrastradas por el viento, porque se pueden promover los ciclos de humedecimiento y secado, porque también se pueden ver afectados los ciclos de calentamiento y enfriamiento de la superficie de la tierra.

Para estructuras sumergidas en el suelo o en el agua, la acción de la presión del medio que la rodea, el cual puede ser líquido (agua), sólido (suelo contaminado o húmedo), o gaseoso (vapor de agua, oxígeno u otros gases), puede ser más dramática, por cuanto se promueve la penetración de elementos o sustancias que pueden percolar los materiales.

El sol

De acuerdo con Borrero (1989),

[...] el sol es una pequeña estrella, situada cerca de los límites de la galaxia de la “Vía Láctea”. Históricamente la tierra, uno de sus pequeños planetas, fue considerada como centro del universo, pero a medida que los conocimientos astronómicos fueron aumentando, tanto la tierra como el sol quedaron reducidos a sus justas proporciones. Sin embargo, tanto nuestro planeta como nuestra estrella revisten para nosotros una importancia enorme, puesto que el primero constituye el lugar donde vivimos y la segunda, la fuente de nuestra vida. El sol es importante para nosotros por dos razones fundamentales: La luz que nos proporciona y el calor producido por su gigantesca emisión de energía. (p. 8)

Teniendo en cuenta lo anterior y dependiendo del grado de exposición de los materiales al sol, estos van a ser afectados en mayor o menor grado por el calor y la luz que este produce.

Los cerramientos exteriores son lesionados en su integridad por dos tipos de acciones, una física y la otra química. Las de orden físico son producto de la acción del sol que origina aumentos de temperatura, los cuales causan desperfectos y averías en los materiales como fisuras, quiebres o alabeos, consecuentes variaciones dimensionales (dilatación/contracción) y tensiones, en particular cuando se encuentran expuestos directamente y sin libertad de expandirse y contraerse. Como ejemplo están las maderas, cuyo grado de humedad se modifica por la temperatura y se deteriora con grietas y alabeos, que se agravan cuando los elementos están sujetos a la acción de la lluvia.

El sol también afecta las tinturas y pigmentos, causando su decoloración, hecho que se incrementa al combinarse con otros agentes externos como la lluvia, el viento, las contaminaciones atmosféricas o las propias del medio ambiente interior como la humedad, la temperatura o el agua de condensación.

Los esmaltes, barnices, revestimientos o elementos de acabados y de dotación como tapetes o cortinas, no tienen mayor resistencia a los efectos nocivos del asoleamiento y sufren por lo tanto deterioros significativos.

Algunos materiales expuestos al sol directo pueden sufrir efectos de desecamiento como los plásticos, masillas o mantos de impermeabilización, que al fisurarse permiten el paso del agua en forma de humedad, gotas o chorros, lo que desencadena procesos de degradación.

Las de orden químico se producen por efecto de los rayos ultravioleta de la radiación solar que tiende a romper las cadenas de los materiales plásticos a base de polímeros degradándolos, haciendo que pierdan resistencia, se fragmenten en partículas diminutas y sufran cambios de color.

Todos los plásticos de uso comercial son fotodegradables por la naturaleza misma del polímero, en mayor o menor grado. Este proceso se basa en que la energía de la luz ultravioleta procedente de la luz solar es mayor que la energía de unión de los enlaces moleculares C-C y C-H y por lo tanto rompen las cadenas moleculares, reduciendo su peso molecular y sus propiedades mecánicas. Como ejemplo práctico tenemos que una película de polietileno común, con un espesor medio, se degrada completamente (se desintegra) al estar sometida continuamente a la luz solar durante los meses máxima radiación: primavera, verano y otoño. Cabe señalar que desde la década del setenta existen patentes de aditivos que agregados al polietileno aceleran la fotodegradación considerablemente, reduciendo el período de degradación a solo semanas de exposición al sol.

El viento y los huracanes

En la historia de la humanidad, el viento ha inspirado la mitología, afectado a los acontecimientos históricos, extendido el alcance del transporte y la guerra, y ha proporcionado una fuente de energía para el trabajo mecánico, la electricidad y el ocio. El viento ha impulsado los viajes de los veleros a través de los océanos de la tierra. Los globos aerostáticos utilizan el viento para viajes cortos, y el vuelo con motor lo usa para generar sustentación y reducir el consumo de combustible. Las zonas con cizalladura del viento provocado por varios fenómenos meteorológicos pueden provocar situaciones peligrosas para las aeronaves. Cuando los vientos son fuertes, los

árboles y las estructuras creadas por los seres humanos pueden resultar dañados o destruidos.

Los vientos pueden dar forma al relieve a través de una serie de procesos eólicos como la formación de suelos fértiles (por ejemplo, el loess) o la erosión. El polvo de los desiertos puede ser movido a grandes distancias desde su lugar de origen por los vientos dominantes. Los vientos que son acelerados por una topografía agreste y que están asociados con tormentas de polvo han recibido nombres regionales en diferentes partes del mundo debido a su efecto significativo sobre estas regiones.

El viento afecta la extensión de los incendios forestales. También dispersa las semillas de determinadas plantas, haciendo posible la supervivencia y dispersión de estas especies vegetales, así como las poblaciones de insectos voladores. En combinación con las temperaturas frías, el viento tiene un efecto negativo sobre el ganado, además afecta a las reservas de alimento de los animales y sus estrategias de caza y defensa.

También puede ejercer impactos negativos en los edificios altos, dado que motiva efectos de abrasión en los materiales expuestos, produciendo deterioros. Estos efectos dependen de las condiciones del material, su durabilidad y resistencia al desgaste, así como también de la frecuencia de la acción abrasiva a la cual está sometido.

Mientras ciertos materiales, como los metales, son prácticamente inalterables a la abrasión por el viento, otros como los revestimientos de morteros pueden resultar susceptibles y erosionarse, particularmente cuando su acción se combina con la lluvia, por la eventual ruptura de elementos sometidos a la acción del viento y sus efectos habituales de presión y succión e indirectamente cuando este facilita el ingreso de agua lluvia, de polvo o de sustancias agresivas de la atmósfera que degradan el material y desencadenan procesos de deterioro físico-químico.

- a. **El viento.** Se define como el flujo de gases a gran escala. En la tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera. La primera descripción científica conocida del viento se debe al físico italiano Evangelista Torricelli: “los vientos son producidos por diferencias en la temperatura del aire, y por lo tanto de la densidad, entre dos regiones de la Tierra” (traducción propia) (citado por O’Connor y Robertson, 2002).

La atmósfera se divide en tres capas principales:

- *Estratosfera*: Alcanza una altura de 80 km. Aquí se encuentra el ozono, que es una combinación de los radicales libres del oxígeno, que protege a la tierra filtrando la radiación ultravioleta.
- *Termosfera*: Es el límite que nos separa del espacio exterior.

- *Troposfera*: Es en la que se desarrolla la vida. El movimiento del aire en la troposfera es el que mayor importancia tiene para los seres humanos, y siempre tiene dos componentes: la horizontal, que es la más importante (cientos y hasta miles de km) y la vertical (10 km o más) que siempre compensa, con el ascenso o el descenso del aire, el movimiento horizontal del mismo. Su nombre quiere decir zona de turbulencias; dentro de la troposfera se desarrollan los fenómenos climáticos que podemos observar, como vientos, lluvias, temperaturas, y casi toda la formación de nubes, salvo los cumulonimbo, que son las únicas nubes que superan los 11 km de altura.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Harold Cárdenas. Escuela de Ingeniería Civil
y Geomática, Universidad del Valle.

En meteorología se suelen denominar los vientos según su fuerza y la dirección desde la que soplan. Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de “ráfagas”. Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman “turbonadas”. Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media, como por ejemplo “brisa”, “temporal”, “tormenta”, “huracán” o “tifón”.

El viento se puede producir en diversas escalas, desde flujos tormentosos que duran decenas de minutos hasta brisas locales generadas por el distinto calentamiento de la superficie terrestre y duran varias horas; e incluso globales, que son el fruto de la diferencia de absorción de energía solar entre las distintas zonas geoastronómicas de la tierra.

Las dos causas principales de la circulación atmosférica a gran escala son el calentamiento diferencial de la superficie terrestre según la latitud, entre el ecuador y los polos, y la rotación del planeta (efecto de Coriolis).

En los trópicos, la circulación de depresiones térmicas por encima del terreno y mesetas elevadas puede impulsar la circulación de monzones. En las áreas costeras, el ciclo brisa marina/brisa terrestre puede definir los vientos locales, mientras que en las zonas con relieve variado, las brisas de valle y montaña pueden dominar los vientos locales.

El ejemplo de los tornados sirve para identificar el proceso de compensación entre el avance horizontal del aire en movimiento y el ascenso del mismo: el remolino inicial de un tornado gira a gran velocidad, levantando y destruyendo casas y otros objetos, pero en la medida en que asciende el viento, el cono giratorio del tornado se hace más ancho, por lo cual disminuye su velocidad de giro. Dicho ejemplo es muy útil porque se ha logrado obtener una información de primera mano y estudiar bien todos los procesos generales que ocurren en cualquier tipo de viento. Pero en especial, la transformación del movimiento lineal del viento superficial en un movimiento giratorio de ascenso vertical puede verse en cualquier remolino o tornado fácilmente y hasta en cualquier nube de desarrollo vertical como un cumulonimbo o un huracán: varía el tamaño o extensión, pero el proceso es el mismo.

a. Huracanes y similares: Los huracanes son ciclones tropicales migratorios que se originan sobre los océanos en algunas regiones del ecuador, en particular los que surgen en las Antillas, incluso en el Caribe y el golfo de México. Los ciclones de tipo huracán del oeste del Pacífico se llaman tifones; en Filipinas se llaman baguíos y en Australia willy-willies.

La mayoría de los huracanes se forman en las zonas de calmas ecuatoriales, un cinturón estrecho caracterizado por calmas, brisas leves y variables y chubascos frecuentes, que se sitúa entre los vientos alisios del noreste y del sureste. En el Atlántico, las zonas de calmas se localizan en su mayor parte al norte del ecuador, por ello no se producen huracanes en el Atlántico Sur. En el Pacífico hay calmas al norte y al sur del ecuador; por lo tanto, hay huracanes en el Pacífico Sur y Norte.

Los huracanes consisten en vientos muy rápidos que soplan de forma circular alrededor de un centro de baja presión llamado ojo del huracán. Este centro se desarrolla cuando el aire cálido y saturado de las zonas de calmas ecuatoriales se eleva empujado por aire frío más denso. Desde el borde de la tormenta hasta su centro, la presión atmosférica cae bruscamente mientras que la velocidad del aire aumenta. Los vientos alcanzan una fuerza máxima cerca de los puntos de baja presión (en torno a 724 mm de mercurio o 0,85 atmósferas).

El diámetro del área cubierta por vientos destructivos puede superar los 250 km. Los vientos menos fuertes cubren zonas con un diámetro medio de 500 km. La fuerza de un huracán se evalúa con un índice entre 1 y 5. El más suave, con categoría 1, tiene vientos de cuando menos 120 km/h. Los vientos del más fuerte (y menos común), con categoría 5, superan los 250 km/h. En el interior del ojo del huracán, que tiene un diámetro medio de 24 km, los vientos se paran y las nubes se elevan, aunque el mar permanece muy agitado.

- b. Características del viento.** El estudio sistemático de las características del viento es muy importante para la producción de obras de edificación y obras civiles; el viento constituye uno de los factores más relevantes en el manejo del clima y la obtención del confort térmico, así como es elemento esencial para determinar sus condiciones de estabilidad y durabilidad. Por lo tanto, su conocimiento permitirá:
- Dimensionar estructuras de edificaciones como silos, grandes galpones, edificaciones elevadas o en altura, etc.;
 - Diseñar campos de generación eólica de energía eléctrica;
 - Diseñar protección de márgenes en embalses y los taludes de montante en las presas.

Los vientos se miden de acuerdo con dos variables: la velocidad y la dirección del viento; esta medición se efectúa con instrumentos de registro llamados anemómetros, que disponen de dos sensores, uno para medir la velocidad y otro para medir la dirección del viento. Las mediciones se registran en anemógrafos.

Para que las mediciones sean comparables con otras realizadas en otros lugares del planeta, las torres con los sensores de velocidad y dirección deben obedecer a normativas estrictas dictadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El viento afecta de diferentes maneras las estructuras que encuentra a su paso. La velocidad del viento se encarga en general de producir una presión directa sobre la cara expuesta de la estructura, la cual se traduce en un empuje medio. Este genera tanto presión como succión y actúa directamente sobre los elementos de fachada, los cuales trasladan los empujes hasta los elementos estructurales principales. También se generan empujes dinámicos en la dirección del viento que consisten en fuerzas paralelas al flujo causadas por la turbulencia del viento y cuya fluctuación en el tiempo influye de manera importante en la respuesta estructural; es decir, que en una estructura pueden actuar ráfagas de viento en forma alternada

con diferentes duraciones, provocando cargas dinámicas. Aparecen también vibraciones transversales al flujo y fenómenos de inestabilidad dinámica, todo lo cual debe estudiarse con miras a comprender en forma global los efectos del viento sobre una construcción determinada. El viento puede producir también fuerzas de arrastre, fenómenos de inestabilidad aeroelástica como en el caso de puentes colgantes muy flexibles.

La velocidad del viento aumenta con la altura a partir del nivel del terreno. La variación con la que se incrementa depende no solo de las condiciones de rugosidad del terreno circundante, sino también de las ráfagas del viento, es decir, las velocidades asociadas a lapsos definidos de tiempo. El lapso promedio es el intervalo que se selecciona para determinar la velocidad máxima promedio. Conforme ese intervalo disminuye, la velocidad máxima media correspondiente aumenta. Las velocidades de las ráfagas suceden durante lapsos promedio del orden de 3 a 15 segundos y se relacionan con el tamaño de la estructura. Las construcciones esbeltas y flexibles se ven más afectadas por las ráfagas de corta duración, mientras que las bajas y rígidas son más afectadas por las velocidades medias asociadas al flujo.

El efecto que el viento produce en distintos elementos se puede representar por una fuerza horizontal en la dirección y sentido del mismo, cuya magnitud depende de su velocidad y de la superficie expuesta. Este fenómeno es intuitivamente interpretado por las personas que, ante la acción de un fuerte viento, se ubican de costado a la dirección del mismo, disminuyendo la superficie expuesta y, en consecuencia, la fuerza horizontal provocada.

El viento se considera generalmente como la fuerza impulsora para la fuga de aire. Cuando el viento sopla contra una edificación, crea una zona de alta presión en las áreas de barlovento. El aire exterior del lado de barlovento se filtra a la edificación mientras que el aire sale del lado de sotavento. El viento actúa para crear áreas de presión diferenciada que causan infiltración y exfiltración.

La Figura 2.26 ilustra la presión más alta (+) sobre el lado de barlovento y la presión más baja (-) sobre el lado de sotavento. El grado al cual el viento contribuye a la fuga de aire depende de su velocidad y duración. La mayoría de las edificaciones tienen solamente pequeños vanos en el exterior.

En promedio, el viento en el sureste crea una diferencia de la presión de 10 o 20 Pascal en el lado de barlovento.

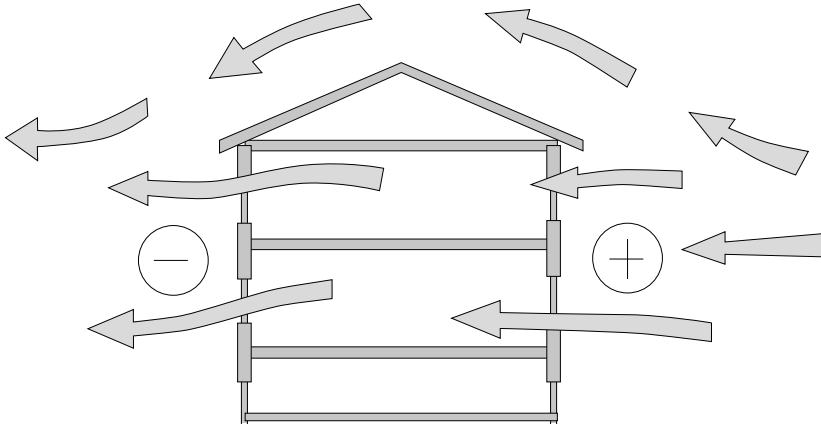


Figura 2.26. Infiltración impulsada por el viento

La normativa expresa que la acción del viento es la producida por las presiones y succiones que origina este movimiento del aire sobre las superficies.

Presión del viento. Al referirse a presiones se alude a la acción directa del viento sobre la fachada. El viento actúa sobre toda la superficie del cerramiento de la edificación que traslada la carga sobre la estructura. Es una sobrecarga de valor variable que se aplica por metro cuadrado (m^2) de cerramiento. Teniendo en cuenta que el viento puede actuar o no, no sopla siempre con la misma intensidad y su velocidad es variable.

Succión del viento. Al referirse a succiones, debe considerarse que el viento también actúa en la fachada posterior de la edificación produciendo un estirado. A este fenómeno se lo llama succión. El valor de la succión es aproximadamente $1/3$ de la presión ejercida. Quiere decir que si la presión es de 9 unidades, la succión es de 3 unidades. Como el viento incide sobre el plano de fachada, las unidades en que se expresa esta acción son en kg/m^2 , o bien en su múltiplo Tm/m^2 (tonelada métrica/metro cuadrado).

Situación de la edificación. La ubicación geográfica juega un papel importante tanto como la altura de la edificación, así como la posición de los edificios colindantes, si la protegen (situación normal) o si es una edificación exenta (situación expuesta), y por supuesto las velocidades que alcanza el viento. El efecto del viento es distinto en una edificación de construcción cerrada a una de construcción abierta. Si se toma el caso de una nave industrial con cubierta a dos aguas, dejando puertas y ventanas abiertas, al actuar el viento este penetrará en el

interior del recinto, pudiendo incluso hasta arrancar los faldones del techo. Se admite que el viento, en general, actúa horizontalmente y en cualquier dirección. Se considerará en cada caso la dirección o direcciones que produzcan las acciones más desfavorables.

- c. Acciones, efectos y daños producidos por el viento y los huracanes.** Los efectos del viento, propiamente como tal, pueden causar daños principalmente a obras sobre el nivel del suelo. El riesgo de daños aumenta en relación directa con la altura de las obras y con la superficie expuesta al viento. Los daños dependen de la resistencia al viento con que hayan sido construidas estas.

El viento puede tener tanto flujo laminar como turbulento, por lo que sus efectos sobre los componentes de infraestructura pueden ser muy diferentes, dependiendo de las características geométricas de estas y en particular de su tamaño y forma.

Una estructura dentro de un campo de viento está sujeta a fuerzas aerodinámicas, las cuales se distribuyen sobre y a través de la estructura, dependiendo de sus características. Estas fuerzas aerodinámicas ocasionan presiones y succiones sobre los elementos que recubren la estructura. Estos elementos transfieren las fuerzas a los elementos estructurales resistentes. El viento genera una presión directa sobre la fachada anterior. Por otro lado, las ráfagas de viento se desvían por ambos costados y por el techo, ocasionando fuerzas de succión en el techo, las dos paredes laterales y en la fachada posterior.

Si el viento logra romper las ventanas y puertas de la fachada anterior, entrará violentamente al interior de la edificación, incrementando las fuerzas de succión en las paredes y techo del inmueble, lo que ocasiona que este se dañe de manera severa, con posibilidades de que se llegue al colapso o destrucción total de la estructura.

Los daños que típicamente presenta la infraestructura afectada por las altas velocidades del viento de los huracanes, son los siguientes:

- Caída de recubrimientos ligeros en edificaciones.
- Rotura de ventanas.
- Daños a los grandes vitrales en la fachada de las edificaciones.
- Pérdida de techos ligeros y domos, lo cual ocasiona daños al interior de las edificaciones.
- Daño a plafones y muros de material ligero en interiores.
- Colapso de techos construidos con madera y palma (palapas), lo cual ocasiona el daño a contenidos.
- Daño importante en elementos de recubrimiento ligeros en lámina para estructuras de acero.

- Colapso de anuncios comerciales, los cuales a su vez afectan las construcciones cercanas.
- Socavación de cimentaciones.

Las edificaciones, las viviendas, las casas de máquinas de los sistemas de agua potable y alcantarillado tendrán un comportamiento semejante a las construcciones similares de otros sectores.

Si el viento es lo suficientemente fuerte podría derribar uno o más tanques en altura y causar, en forma secundaria, daños derivados del vaciamiento brusco del volumen de agua almacenada (que puede ser de varios miles de m³), además del daño producido por el propio derrumbe de la estructura de cañerías de conexión y en las instalaciones aledañas.

Por otra parte, si la estructura misma tiene suficiente resistencia o si los vientos no son tan fuertes, se podrían producir daños a las instalaciones anexas al estanque, como por ejemplo escalas de acceso, barandas de protección, o a las propias cañerías que llegan y salen del estanque. Entre los daños más probables destacan los ocasionados a:

- Los tanques del servicio público de abastecimiento de agua potable de pueblos y ciudades, que probablemente son los de mayor volumen almacenado.
- Los tanques de industrias, mercados, escuelas, etc., de tamaño intermedio.
- Los tanques de uso doméstico, cuando los hay a nivel de vivienda, que usualmente son pequeños.

En general, los daños debidos a este tipo de fenómenos, son los siguientes:

- Daños parciales o totales en las instalaciones, puestos de mando y otras edificaciones tales como rotura de vidrios, techos, inundaciones, etc., debido a la fuerza de los vientos.
- Roturas de tuberías, en pasos expuestos, tales como ríos y quebradas, debido a correntadas.
- Roturas y desacoples de tuberías en zonas montañosas por deslizamientos de tierra y correntadas de agua.
- Roturas y daños en las tapas de los tanques elevados y asentados sobre terreno.
- Contaminación de agua en los tanques y tuberías.
- Roturas de tuberías y falla de estructuras por asentamientos del terreno, debido a inundaciones.

- Daños en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, ocasionando la interrupción en la operación de equipos, instrumentos y medios de comunicación.

ACCIONES BIOLÓGICAS

El deterioro por agentes biológicos se presenta por la presencia de plantas o animales, que de diversas formas entran en contacto con los materiales, componentes y elementos de la edificación, generándoles lesiones o daños. Estas acciones pueden ser originadas por insectos y pequeños animales como roedores, hasta grandes mamíferos; por otra parte, el deterioro por vegetales puede ser ocasionado tanto por microorganismos como por algas, hongos, líquenes, mohos y bacterias, así como por plantas superiores que pueden ser incluso arbustos o árboles. Los efectos causados por estos agentes suelen ir más allá del simple deterioro visual y estético, desestabilizando y produciendo daños en la estructura del material.

Los agentes degradantes de origen animal de pequeño tamaño (insectos) tienden a infiltrarse a través de rendijas y aberturas exteriores o en los mismos materiales, entre estos se destacan los insectos xilófagos, como las termitas y las larvas de algunos coleópteros que pueden causar efectos destructivos graves cuando atacan elementos portantes en estructuras de madera.

En climas tropicales con humedad elevada, la acción degradante por estos agentes se hace mayor, y si se le añade el hecho de utilizar maderas blandas, no inmunizadas o con protección deficiente, la destrucción será más rápida.

Existen acciones degradantes causadas por animales de mediano tamaño o porte, como los roedores, que pueden llegar hasta la destrucción total de elementos de madera o de otros componentes de origen orgánico como las alfombras o cortinas de lana natural; las aves, con sus nidos, deterioran las cubiertas y fachadas. En zonas marítimas, las construcciones cimentadas en pilotes pueden ser atacadas por cierto tipo de moluscos y crustáceos y en ocasiones las cabezas de estos se pudren por la acción de microorganismos que se alimentan de celulosa, los cuales actúan al deprimirse el nivel freático del terreno por efecto de la desecación del suelo.

También las plantas de pequeño porte, como las de gran porte, a través del crecimiento de sus raíces, tienen una actividad rompedora, introduciéndose en fisuras y agrandándolas, llegando a causar descomposición del elemento constructivo dado su enorme poder de penetración; cuando la planta se convierte en árbol, el peso propio del vegetal actúa como una carga concentrada.

Como agentes biológicos de origen vegetal están ciertos hongos que atacan la madera, produciendo su decoloración y aun la desintegración de sus tejidos, particularmente en climas tropicales, así como los mohos, musgos, algas y líquenes que prosperan a su costa y las deterioran.

El aumento de humedad y temperatura del ambiente favorece la acción de los agentes destructores de la madera, haciendo necesario el control preventivo, con la aplicación de inmunizantes y pinturas y con la revisión periódica de los elementos hechos con materiales orgánicos.

Con el transcurso del tiempo hay que reconocer ciertos cambios que se ocasionan sobre algunos materiales como, por ejemplo, las pátinas que aparecen en algunos metales, los musgos y líquenes que exhiben los viejos tejados de barro, etc., que caracterizan al material y no le restan aceptación estética.

En cualquier caso, y según la situación geográfica y climática, se debe considerar la integridad de la edificación ante los organismos existentes en la zona y más, en donde estos abundan como por ejemplo las zonas rurales.

ACCIONES QUÍMICAS

Estas se originan por la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan químicamente, produciendo algún tipo de descomposición del material afectado que provoca, a la larga, su pérdida de integridad y, por lo tanto, su durabilidad. El agua es el principal agente de las acciones químicas dado que provoca cambios al estimular y expandir sustancias de carácter agresivo contenidas en el medio ambiente y en el material que prima en los componentes y elementos de la edificación. Estas acciones producen daños o lesiones y su proceso es perfectamente diferenciable de las de los grupos anteriores, aunque su sintomatología pueda, en ocasiones, confundirse. Estas se pueden agrupar, según sus características, en eflorescencias, oxidaciones y corrosiones; las primeras originadas en la superficie del material por sales solubles contenidas en él que son arrastradas por el agua que las disuelve, agua que tiende a ir de dentro hacia fuera, donde termina evaporándose y permite su cristalización; las segundas, originadas por la presencia de humedad que genera un proceso de transformación molecular y la pérdida de material en la superficie de los metales, principalmente el hierro y el acero.

Aunque se deberían considerar como dos lesiones distintas, ya que sus procesos patológicos son normalmente sucesivos, químicamente son diferentes. Por lo tanto, la oxidación se define como la transformación

en óxido de la superficie de los metales en contacto con el oxígeno; y la corrosión, como la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal como consecuencia de la aparición de una pila electroquímica, en presencia de un electrolito, en la que el metal en cuestión actúa de ánodo, perdiendo electrones en favor del polo positivo (cátodo), electrones que acaban deshaciendo moléculas, lo que se materializa en la pérdida del metal.



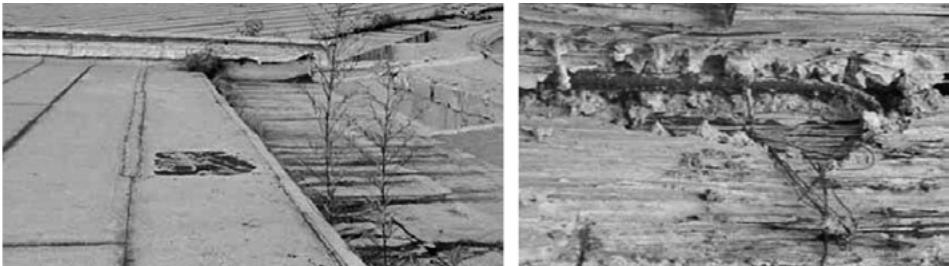
Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Si se amplía el espectro de las acciones químicas se pueden diferenciar cinco tipos de procesos corrosivos, incluidas las dos anteriores. Las producidas por organismos vivos, ya sean estos animales o vegetales, que afectan a la superficie de los materiales por su simple presencia o por el ataque químico que los mismos segregan; por lo que se deben incluir en la familia de las lesiones químicas, pues el proceso patológico es fundamentalmente químico, aunque algunas de las actuaciones de los organismos sean puramente mecánicas o físicas.

Finalmente, se puede incluir también, en función del organismo, animales y plantas, la erosión química, que es una transformación molecular de las superficies de los materiales pétreos como consecuencia de

la reacción química de sus componentes con otras sustancias atacantes tales como los contaminantes atmosféricos, sales o álcalis disueltos en las aguas de capilaridad, filtración o accidentales, productos fabricados por el hombre, etc. Su resultado final suele ser, no solo la transformación molecular del material, con modificación de su estructura pétreo y variación de su aspecto, sino además la evaporación o pérdida del material como consecuencia de la mayor fragilidad o solubilidad de las nuevas estructuras moleculares.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

ACCIONES ANTRÓPICAS O ACCIONES DEL HOMBRE

Las acciones del hombre pueden ser también agentes de deterioro y destrucción de las edificaciones o de sus partes, ya sea por acciones u omisiones intencionales o accidentales, derivadas principalmente de la ignorancia, la negligencia o el vandalismo. Estas pueden ser directas o indirectas; las directas comprenden el intruismo, el vandalismo y el terrorismo, y las indirectas la transformación del medio físico, la contaminación atmosférica y el fuego.

Directas

- a. **El intruismo.** Son acciones realizadas por los amigos de lo ajeno (ladrones), que atentan contra la propiedad en el cumplimiento de su propósito de ingresar y sustraer bienes de los usuarios de la edificación, ocasionando muchas veces deterioro o destrucción en algunas de sus partes.
- b. **El vandalismo.** Incluye acciones que atentan contra el aspecto y presentación de la edificación a través de la destrucción parcial de partes o elementos decorativos o no, pintura de grafitis, etc., por parte de vándalos.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

- c. **El terrorismo.** Comprende todo tipo de acciones destructivas que atentan contra la integridad total de la edificación y de sus usuarios; estas en muchas ocasiones se centran en edificaciones de tipo oficial y, sobre todo, militar, por medio del uso de material explosivo. El sabotaje es un riesgo artificial, considerado como una actividad dañina y perjudicial para cualquier instalación, el cual se ejecuta con el propósito de paralizar de manera parcial o total las actividades que en ella se realizan. Además de la paralización de las actividades, también se busca con el sabotaje producir daños a las estructuras de las edificaciones, a las maquinarias y equipos, destrucción de archivos y otros bienes de la organización, pudiéndose extender a atentados contra la integridad física de las personas.

Indirectas

- a. **La transformación del medio físico natural.** Se consideran como acción antrópica de carácter indirecto, producto de las intervenciones del hombre, en cuanto a la modificación de la topografía, el vertimiento de aguas, la tala de bosques, las obras civiles y de edificación, los movimientos de cauces de los ríos, los cambios de usos del suelo y los cambios de uso de las edificaciones, entre otros.
- b. **La contaminación atmosférica.** Entendida esta como la presencia en la atmósfera de sustancias, ya sea gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, alteración o deterioro de bienes de cualquier naturaleza (obras de edificación e infraestructura), así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

El desarrollo urbano conlleva procesos de combustión, tanto en los sistemas de transporte, especialmente el automóvil y el avión, el uso de calefacciones residenciales y otros aparatos que emplean combustibles en los hogares, las cuales generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Así como también algunas industrias como las cementeras, las siderometalúrgicas, las papeleras y químicas y las centrales térmicas que emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.



Fotografías de referencia

Fuente: Arq. Álvaro Gutiérrez A., Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

En definitiva, la combustión de combustibles fósiles, petróleo y carbón, es responsable de la mayoría de las emisiones y la industria química es la principal emisora de productos especiales, algunos muy dañinos para la salud. Otra fuente importante de contaminación atmosférica suele ser la destrucción de los residuos por combustión.

De esta manera la contaminación atmosférica contribuye al deterioro de las edificaciones, la presencia de gases y sólidos agresivos se adhiere y afectan su superficie, dependiendo de las características del plano, y su grado de rusticidad. Esta afecta, principalmente a los materiales porosos y a los metálicos por la aceleración de la corrosión.

Los sólidos más comunes que pueden hacer contacto con el material de acabado son la mugre, el polvo, el hollín y demás impurezas de diverso origen, que, aunque sus efectos no son de orden estático, sí son inicialmente de apariencia y, posteriormente, unidos al agua pueden generar oxidaciones y eflorescencias que desestabilizan la materia.

Todos los materiales que están expuestos en exteriores sufren dramáticamente el efecto del medio ambiente externo y consiguientemente están sujetos a degradación causada por procesos naturales de intemperización.

A partir del siglo XIX, el desenfrenado desarrollo de la motorización y el cambio en las costumbres de transporte incrementaron de modo acelerado la

contaminación del aire y esto causa daños materiales reversibles e irreversibles porque ensucia y destruye edificaciones, ropa y otros objetos materiales. También aumenta los peligros para la salud sobre todo en el caso de infantes, ancianos y personas enfermas.

La contaminación atmosférica daña los cultivos porque reduce el crecimiento de las plantas verdes o finalmente las mata; reduce la visibilidad, lo que eleva el número de accidentes automovilísticos. Con las nubes de humo y desagradables olores, la contaminación es incluso un problema estético.

Cabe señalar que los vehículos motorizados son una fuente prominente de contaminación; de hecho, producen cerca de la mitad (en masa) de todos los contaminantes del aire. Nuestro sistema de transporte produce cerca del 80% de las emisiones de monóxido de carbono, 40% de las emisiones de hidrocarburos y 40% de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Nuestra realidad nacional hace que contemos con uno de los combustibles más sucios en cuanto se refiere al contenido en azufre, lo que modifica la matriz porcentual dada para incluir un nuevo componente, el bióxido de azufre.

Las edificaciones y los monumentos históricos de más de una docena de países europeos, entre ellos España, están experimentando una corrosión acelerada. Así, por ejemplo, el Partenón ha sufrido más en los últimos 30 años el efecto de la erosión que durante los 2.400 años anteriores y el tesoro pictórico del museo del Prado ha estado sufriendo deterioro a causa de la contaminación.

En los países desarrollados, y aun en los en vía de desarrollo la lluvia ácida y otros tipos de precipitación ácida como neblina, han llamado recientemente la atención pública por problemas específicos de contaminación atmosférica secundaria; sin embargo, la magnitud potencial de sus efectos es tal, que cada vez se le dedican más estudios y reuniones, tanto científicas como políticas, ya que en la actualidad hay datos que indican que la lluvia es, en promedio, cien veces más ácida que hace 200 años.

Los efectos de la contaminación del aire pueden conllevar también a procesos de contaminación del agua a través de la lluvia ácida; es así como los óxidos de azufre se convierten en ácido sulfúrico, los óxidos de nitrógeno se convierten en ácido nítrico; estos ácidos caen sobre la tierra como lluvia ácida o nieve ácida, o se depositan en forma de niebla ácida o se absorben en las partículas sólidas suspendidas en el aire (aerosoles). La lluvia ácida se define como aquella que tiene un pH menor que 5.6.

Se ha reportado la existencia de lluvias con un pH de hasta 2.1 y niebla con un pH de hasta 1.8. Estos valores son más bajos que el pH del vinagre

o el jugo de limón. Los ácidos corroen los metales y pueden llegar a carcomer las edificaciones y las estatuas de piedra, lixiviando los sólidos más reactivos. El ácido sulfúrico corroe el metal para formar una sal soluble y gas hidrógeno.

Con el aumento de la población, el mundo se está volviendo cada vez más urbano, las ciudades son las que más padecen los efectos de la contaminación atmosférica, pero las áreas rurales no escapan a ella.

- a. **El fuego.** Por último está el fuego, el cual es susceptible de aparecer en cualquier situación, y debe considerarse la seguridad de la edificación ante diversas acciones como resistencia a la ignición, resistencia como barrera, evacuación de los usuarios, acceso de bomberos y producción de gases tóxicos, todo ello según la normativa vigente en cada caso.

Los incendios constituyen una de las causas que con mayor frecuencia ocasionan la destrucción parcial o total de los edificios.

El viejo y drástico concepto consistente en clasificar los materiales y componentes en dos categorías, los combustibles y los a prueba de fuego, ha sido reemplazado por el término “resistencia y comportamiento al fuego”. Se puede asegurar, sin temores, que no existe realmente ningún material de construcción a prueba de incendio; todos los materiales, inclusive los que son resistentes al fuego como el hierro, el concreto, la cerámica y otros, son abatidos tarde o temprano por la acción de una fuente combustible; esto depende de las circunstancias y del tiempo de la conflagración.



Fotografía de referencia

Fuente: Arq. Álvaro Gutiérrez A., Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

Los acabados arquitectónicos interiores generalmente son grandes propagadores del fuego; por lo tanto, la selección de los materiales y

su localización son definitivos para evitar o disminuir su propagación, esto unido a la forma de aplicación que contribuirán a garantizar un buen comportamiento.

El hecho no es solo usar materiales resistentes al fuego sino eliminar los riesgos de ignición que pueden darle origen y ejecutar elementos que impidan su avance, por ejemplo, los muros contrafuegos.

La mayoría de los materiales utilizados pueden resultar afectados por acciones físico-químicas. Se consideran todas aquellas que suponen una agresión destructiva. Su estudio permite actuar en la conservación de las edificaciones de manera más eficaz.

OTROS FACTORES DE ALTERACIÓN Y DEGRADACIÓN

Los materiales, componentes y elementos de la edificación deben ser de calidad óptima, de tal manera que perduren durante su vida útil, por lo que deben llegar en buen estado, poseer todas las características físicas, mecánicas y químicas, para que resistan las cargas de diseño y las condiciones del medio ambiente. Estos además se van a ver afectados por circunstancias asociadas a su localización y a la función que cumplen en ella.

Los factores de alteración pueden dividirse en dos grupos: internos, que son aquellos que afectan la composición y la calidad de los materiales; y externos, derivados del uso o de factores ambientales. Los agentes internos o endógenos hacen referencia a la tendencia propia de cualquier material de construcción a autodegradarse.

Las causas indirectas podrían definirse como los factores inherentes a la unidad constructiva (factores de composición química, de forma o de disposición) como consecuencia de su selección o de su diseño defectuoso, y que, uniéndose a la acción directa, posibilitan la aparición del proceso patológico. Su clasificación es la siguiente:

- a. **Causas de proyecto:** Engloban el conjunto de errores cometidos a la hora de elegir los materiales aptos para ejecutar la obra, así como aquellos referentes al mal diseño de las unidades constructivas, igualmente a la deficiente configuración estructural, forma, geometría, disposición, resistencia de los elementos estructurales o la edificación en su conjunto, como estructura global.
- b. **Causas de ejecución:** Comprenden todas las acciones que tienen como desencadenante una incorrecta puesta en obra a partir de unas instrucciones de proyecto que no eran adecuadas. En general, se debe a una mala elección de la técnica constructiva.

- c. **Causas de material:** Hacen alusión a todos aquellos elementos constructivos que llegan a la obra de manera defectuosa o inadecuada para una correcta puesta en obra de los mismos, lo que hace necesaria la práctica de controles de calidad para verificar este aspecto. Si alguna de las características del material no es la apropiada, resultará más fácil que aparezca una lesión o patología en el elemento y, por lo tanto, su durabilidad será menor.
- d. **Causas de mantenimiento:** Se establece una doble problemática: por un lado, la utilización de la edificación para una labor que no se había concebido en el proyecto; por otro, el incorrecto mantenimiento de la misma por parte de los usuarios y el incumplimiento de los diferentes requisitos en cuanto a condiciones de seguridad y de habitabilidad y las revisiones periódicas que la garanticen.

Alteraciones físico-químicas en los materiales

Entre los factores internos el más destacado es el de la porosidad. Los materiales no porosos suelen deteriorarse en su superficie, mientras que los porosos, aparte de las agresiones superficiales, pueden trasladar, por permeabilidad, los agentes al interior y viceversa; es decir, que los agentes contaminantes y perjudiciales pueden estar contenidos en el mismo material y, con su disolución en agua, ser trasladados al exterior.

Las deficiencias más importantes en los materiales de construcción que pueden acarrear la aparición de grietas y fisuras son las siguientes: Materiales demasiado porosos, ya sean ladrillos, bloques o mampuestos utilizados como revestimiento visto al interior, con un alto coeficiente de absorción y, por lo tanto, con posibilidad de variación dimensional por humectación, lo que produce fisuras. Morteros de cemento excesivamente ricos, utilizados como acabado superficial, que pueden tener una retracción hidráulica y una rigidez superior a la base sobre la que están aplicados. Elementos defectuosos, como piedras de chapado o mampuestos con “pelos” de cantera, que facilitan la aparición de fisuras y grietas, al aparecer el más mínimo esfuerzo, siguiendo el defecto original. Material de poca capacidad mecánica, utilizado tanto como elemento unitario de las fábricas como mortero de agarre o de pega.

Si las sustancias contenidas en el interior de un material o elemento constructivo experimentan un aumento de volumen con una fuerza de expansión suficientemente potente, puede producirse la destrucción física del material por disgregación.

El desplazamiento del agua en la mayoría de los materiales utilizados en la construcción genera disgregación, entonces estos se comportan según su

grado de porosidad y exposición al medio ambiente. Existen tres tipos de degradación: la corrosión, la de sales solubles y las biológicas con productos químicos.

- a. **La corrosión.** Los metales con porosidad cero, cuando entran en contacto con la atmósfera, provocan reacciones químicas, como es el caso del acero normal al que la oxidación provoca su corrosión. En cambio, otros metales como el aluminio, el cobre y el zinc, en contacto con el ambiente no producen ningún tipo de degradación, puesto que su recubrimiento final es a base de óxidos que se depositan fuertemente en su superficie y los protege de nuevas oxidaciones.
- b. **La de sales solubles.** Se manifiesta en las denominadas eflorescencias y afecta a los elementos de obra de fábrica de piedra o ladrillo, en contacto con el agua de lluvia o de capilaridad. Las eflorescencias no son más que depósitos de los cristales de las sales de los materiales como ladrillos o morteros que se disuelven en el agua de lluvia y se depositan en las superficies de los materiales cuando se evapora el agua.

El concreto u hormigón con alta porosidad es afectado por acción de los ácidos, bases y sales solubles. El fenómeno de carbonatación en el hormigón armado es un proceso largo que se produce a causa del hidróxido en combinación con el CO_2 del aire, que penetra en el interior también a través de los poros de este, se convierte en carbonato de calcio que ya no impide la formación de las corrientes electrolíticas. La presencia de humedad desencadena la corrosión de las armaduras y la destrucción del hormigón.

- c. **Las biológicas con productos químicos.** La madera de característica semiporosa está sometida a la degradación biológica como la agresión de organismos vivos y agentes bióticos (hongos e insectos) que tienen en la madera su espacio de alimentación y que combinan su acción erosiva directa con la de los productos químicos.

Defectos y mecanismos internos de los materiales

En todos los materiales, componentes, elementos y en las unidades constructivas se suelen presentar situaciones formales, sustanciales, de producto terminado que sufren alteraciones, degradaciones, que a continuación se revisan:

- a. **Formales:** En las aplicaciones arquitectónicas las exigencias de la calidad del acabado son normalmente mucho mayores que en otras aplicaciones técnicas. Es crucial que entre el arquitecto y el fabricante exista una comunicación fluida y que no dé lugar a errores. No obstante,

deberá tener en cuenta que estos acabados tan solo son orientativos y que pueden sufrir variaciones considerables. Por ejemplo, el acabado 2B de un fabricante puede no ser exactamente idéntico al acabado 2B producido por otro fabricante. Incluso dentro de la misma empresa, por ejemplo, puede haber pequeñas diferencias entre distintos lotes o bobinas de acero inoxidable; para evitar complicadas discusiones en el proceso de construcción posterior, se deberán tomar por ejemplo las siguientes medidas de precaución:

Utilice únicamente especificaciones que sigan la norma EN 10088/3.

- Las especificaciones deberán incluir las muestras seleccionadas por el arquitecto y el proveedor.
- En las aplicaciones cruciales, se deberá utilizar acero inoxidable procedente de un mismo lote o bobina.

- a. Sustanciales de los componentes o materias primas.** Continuando con el ejemplo del acero, el carbón y el hierro pueden producir impurezas intersticiales puntuales por sustitución, cuando el carbón sustituye al hierro más allá del 2%; aquí los átomos de las impurezas llenan los vacíos o intersticios dentro del material original. En la mayoría de los materiales metálicos el empaquetamiento atómico es alto y los intersticios son pequeños. Consecuentemente los diámetros de los átomos que constituyen las impurezas intersticiales deben ser sustancialmente más pequeñas que los del material original, razón por la cual este defecto es mucho menos común.
- b. Del producto terminado.** La porosidad y la formación de sopladuras son defectos que aparecen en las piezas de acero moldeado a causa de contracciones internas, y gases que no han podido escapar, óxidos, escorias, etc. Algunos de los defectos encontrados en las piezas moldeadas en arena pueden eliminarse con el colado centrífugo. Las piezas de acero moldeado se suelen someter a tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades. Estos tratamientos incluyen la normalización, recocido, eliminación de tensiones internas y templeado. Los componentes fabricados, que pueden acabar como elementos finales vistos, se deben montar de forma que estén totalmente alineados con la dirección de laminación del acero inoxidable. De no ser así, bajo determinadas condiciones de iluminación, se podrían detectar diferencias en el brillo. Por lo tanto, es necesario tomar precauciones para garantizar que en las especificaciones se pida a la fábrica que marque el sentido de colocación en el anverso de la chapa de acero inoxidable. Esto mismo se debe aplicar también a la dirección

del pulido, en caso de que se haya especificado un acabado pulido. Los paneles de acero inoxidable ferrítico (que contienen Cr) y austenítico (que contienen Cr y Ni), no se deben mezclar, aunque ambos tipos pueden ser adecuados técnicamente. El tipo de acero inoxidable ferrítico posee un tono ligeramente más frío, mientras que el tipo austenítico muestra un tono más cálido. La diferencia de color entre los tipos de acero inoxidable ferrítico y austenítico se puede hacer patente en aplicaciones cruciales.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Degradación estructural

Los materiales, componentes y elementos empleados en la construcción tienden a ser deformables en mayor o menor medida, bajo efectos de fuerzas, gravedad, humedad, viento o sismos. La degradación se produce por efectos físicos y químicos; la degradación física y la química se subdividen en erosión externa y erosión interna o subterránea.

- a. **Erosión externa:** Degradación de materiales debida a los efectos abrasivos de agentes atmosféricos, tales como el sol, el viento, el agua, las oscilaciones térmicas que afectan, a largo plazo, a los materiales de fachadas y cubiertas, dependiendo de las condiciones singulares de cada edificación, como pueden ser la orientación de las fachadas o su altura.
- b. **Erosión interna:** Alteración o modificación de la constitución o composición originada por la degradación de los diferentes materiales, componentes, elementos y por ende de las unidades constructivas producto del tiempo y de agentes ambientales y organismos vivos que generan deformaciones, deterioro y desintegración.

Efectos del movimiento del suelo

La vibración transmitida a la edificación tiende a moverse en forma irregular debido a la inercia de las masas. Al igual que en un viaje en autobús —al arrancar el cuerpo tiende a ir en sentido inverso, y al revés al frenar—, el edificio se mueve hacia la izquierda cuando el movimiento de

la base es a la derecha, y viceversa, empujado por una fuerza de inercia. La realidad es más compleja de representar pues el movimiento sísmico se da en las tres direcciones.

Las amenazas naturales que pueden poner en riesgo a una edificación, como se anotaba en las acciones físicas y climatológicas, son: las inundaciones, los huracanes, los terremotos, los incendios, etc. Para reducir la vulnerabilidad de la edificación ante tales amenazas estas se deben prevenir desde el momento que se esté realizando la construcción de la edificación, llevando a cabo varios estudios, ya sea de suelo, de resistencia de los materiales, etc. Generalmente estos estudios no son muy costosos y garantizan la seguridad de las personas que usen la obra.



Fotografías de referencia. Desplome de edificio en la ciudad de Shanghai, junio de 2009.

Fuente: Robert R&N (2009).

Otro tipo de amenaza que pone en riesgo la edificación son las producidas por el ser humano, ya sea que realice una operación inadecuada, que ejecute excavaciones cercanas, que descuide la obra, que arruine la construcción con equipos pesados, etc., por lo que se debe tener en cuenta qué

tipos de elementos puede soportar la obra, y cuáles garantizan la estabilidad de la edificación. Las fotografías ilustran estas situaciones, originadas por problemas de planeación y desconocimiento de los riesgos que se originan en los procesos de excavación, movimientos de tierra y de cimentación.

Por último, existen amenazas tecnológicas que afectan la estructura, como son los fallos de sistemas y componentes constructivos, ya sea en el interior o en los alrededores de la edificación, originando el desgaste, el envejecimiento y el deterioro de la obra. Todos los sistemas y los componentes utilizados en la construcción o los que estén en su alrededor, deben ser periódicamente evaluados para evitar estos problemas en la obra.

Todas las acciones degradantes, como los fenómenos asociados expresados en daños o lesiones, requieren de análisis, a través del estudio de los procesos patológicos y en especial de sus causas, lo que permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de estos en nuevos proyectos. A esto se ha dado en llamar la *patología preventiva*, la cual considera la eliminación (o la máxima disminución posible...) de las denominadas causas indirectas, que están presentes en las fases previas al uso del edificio (proyecto y ejecución) y también durante su vida útil (mantenimiento).

Actualmente, se han desarrollado las llamadas técnicas APO10. El APO es entendido como un método interactivo que detecta patologías y determina terapias en el transcurso del proceso de producción y uso del ambiente construido; para configurar una evaluación global del edificio, contempla no solo los aspectos técnicos de la patología preventiva sino los aspectos funcionales, económicos, estéticos y de comportamiento en sus evaluaciones, para la elaboración de las recomendaciones. Su objetivo es retroalimentar el proceso de producción y uso de los edificios para su optimización.

DAÑOS O LESIONES

Durante su vida útil, las edificaciones están expuestas a acciones degradantes de diferente origen, como se anotaba anteriormente, las cuales causan daños y deterioros de naturaleza, importancia y frecuencia diferente, que alteran las condiciones, apariencia y funcionamiento que tenían al ser dadas al servicio.

La degradación de los materiales o elementos de la edificación es gradual; es decir, que si los daños no se corrigen oportuna y adecuadamente, se agravan en forma progresiva con el tiempo, ocasionando efectos de mayor gravedad.

Los daños y sus efectos crean, de cierta manera, una red multidireccional de la degradación originada por errores, omisiones y deficiencias, a pesar de que en las fases del proceso de producción, planeación y ejecución haya existido un control sobre ellas, haciéndose estos presentes en el funcionamiento o prestación del servicio de la edificación, por lo que es necesario que se determinen acciones para su corrección.

El comportamiento de las edificaciones está regido por ciertas leyes, mediante las cuales es posible conocer e interpretar su funcionamiento, de manera que pueden asociarse determinadas manifestaciones de las deformaciones, por ejemplo, con ciertas acciones mecánicas de resistencia o la aparición de manchas o fisuras a lo largo de las barras de refuerzo por efectos de procesos químicos.

Entonces, “una lesión” es cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo. Es “el síntoma” o efecto final del proceso patológico en cuestión. Constituye el aviso de la existencia de un problema y el punto de partida del estudio patológico.

Se define como lesión al daño o deterioro que sufre un material, componente, elemento o una edificación en su conjunto por la afectación y

detrimento de sus propiedades, atributos y características físicas, químicas, mecánicas o en algunos casos la combinación de estas, causadas por un agente agresor o producto del deterioro.

CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS

Los daños, lesiones y deterioros en una edificación dependen de los efectos e importancia que estos tengan en relación con el conjunto y la prioridad que plantea su corrección. Estos pueden clasificarse en: daños superficiales, daños mayores, daños graves, daños críticos.

Daños superficiales

Corresponden en general a deterioros que afectan la apariencia del material o del componente y no su función, siendo posible corregirlos mediante refacción (retoques, ajustes o arreglos simples). La importancia relativa de alguno de estos daños superficiales radica sin embargo en que se pueden agravar si no son corregidos oportunamente. Estos deterioros suelen presentarse en el período inicial de funcionamiento de las edificaciones.

Daños mayores

Se consideran daños mayores aquellos deterioros que afectan no solo la apariencia, sino la función de los materiales, componentes y elementos de la edificación. Al verse afectada la apariencia y la función se hace necesario realizar reparaciones que le devuelvan las condiciones al elemento; el grado del daño no implica que al efectuarlas se tenga que recurrir a conocimientos muy especializados, ni incurrir en gastos considerables.

Daños graves

Son aquellos que ocasionan serios trastornos en las condiciones generales de uso, funcionamiento y seguridad de la edificación, o de una de sus partes. Estos daños, aun cuando no son fatales, pueden afectar la estabilidad y deben corregirse sin dilación. Dado que estos afectan las condiciones de servicio, las reparaciones deben realizarse con personal idóneo, lo que puede implicar la renovación de componentes o partes dañadas que no ofrecen garantía de operación.

La importancia directa de estos daños radica en el grado de perturbación o insatisfacción que causan a los usuarios y la facilidad con que podrían convertirse en fallas críticas si no se interviene para su reparación.

Daños críticos

Cuando los daños afectan en grado máximo las condiciones de uso y funcionamiento de la edificación, llegando a poner en peligro la seguridad de las personas, alcanzan su mayor importancia y más alto nivel de riesgo. Tal sería el caso de edificaciones que amenazan ruina por fallas en la cimentación o en la estructura o se encuentran en grave riesgo de incendio o explosión por daños en sus equipos como cortocircuitos en la red eléctrica que, además de los grandes problemas de operación y servicio que causan, motivan serios peligros para usuarios y aun para su existencia.

Los daños críticos deben ser atendidos en forma inmediata, exigen para su investigación y solución personal idóneo que utilice medios y métodos apropiados para determinar las causas que los originan y corregirlos correctamente con urgencia.

TIPOLOGÍA DE DAÑOS

Si bien teóricamente este problema no puede plantearse en forma genérica, ya que la degradación de una edificación es una situación generada de la interacción de los factores que determinan la calidad de la obra y por el tipo de nocividad de las acciones a las que está sometida, dentro de la vasta gama de lesiones, fallas y daños de una edificación se pueden identificar tres grandes familias o tipologías en función del carácter y el origen del proceso patológico; estas son de orden físico, mecánico y químico (Figura 3.1).

De orden físico

Las causas físicas son producto de los agentes atmosféricos que inciden sobre las edificaciones. La lluvia provoca humedades, ensuciamientos por lavado diferencial, etc. El cambio de temperatura provoca dilataciones y contracciones que suelen convertirse en fisuras y grietas; las heladas provocan desprendimientos y erosiones; el viento influye en la acción de la lluvia, y la contaminación atmosférica produce el ensuciamiento de las fachadas por lavado diferencial y por depósito.

Las causas físicas más comunes son:

- a. Humedad.
- b. Suciedad.
- c. Decoloración y manchado.
- d. Erosión.

- a. Humedad:** La presencia de agua por filtración o absorción en materiales porosos o por condensación de la humedad ambiental resulta ser uno de cada tres de los daños que se pueden presentar en las edificaciones. Los problemas por humedades pueden tener origen en el proyecto, por soluciones constructivas deficientes, errónea selección de materiales o en la ejecución de procedimientos de trabajo que los hacen sensibles a este tipo de deterioros.

La humedad es el medio por excelencia para desencadenar múltiples procesos de degradación como la corrosión de metales, ataque de álcalis a las pinturas, reacción agresiva de sales solubles o la proliferación de microorganismos y organismos de origen vegetal o animal, tales como mohos, hongos y bacterias que, además de deteriorar su apariencia, afectan la durabilidad y el funcionamiento de los elementos y componentes de la edificación.

La humedad puede llegar a producir variaciones de las características físicas de dicho material. En función de la causa se pueden distinguir cinco fuentes de humedades:

- **Humedad de filtración:** Es la procedente del exterior y penetra en el interior de la edificación a través de fachadas o cubiertas.
- **Humedad capilar:** Es el agua que procede del suelo y asciende por los elementos verticales.
- **Humedad de condensación:** Es la producida por la condensación del vapor de agua desde los ambientes con mayor presión de vapor, como los interiores, hacia los de presión más baja, como los exteriores.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

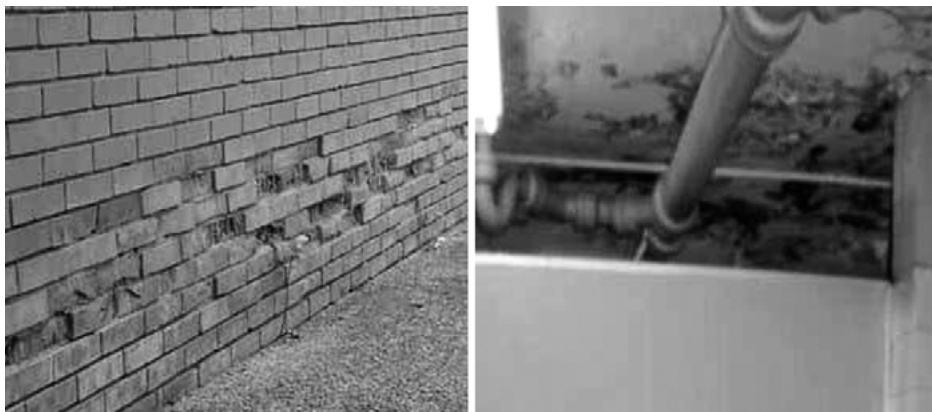
Físico	Mecánico	Químico
Humedad Supone su presencia, que actúa en elementos constructivos: • De filtración • Capilar • De condensación • De obra • Accidental	Deformaciones Surgen como reacción de una fuerza externa, aunque sea mínima, de cualquier elemento constructivo: • Asentamientos • Desplomes • Deflexiones o flechas • Pandeos • Alabeos	Eflorescencias Las sales solubles de los elementos constructivos se cristalizan por el paso del agua que las disuelve y las arrastra hasta el interior: • Directas • Indirectas
Suciedad En las fachadas urbanas se acumulan partículas procedentes de la contaminación ambiental: • Por depósito • Por lavado	Roturas Cuando el elemento de construcción agota su capacidad de deformación: • Grietas • Fisuras	Oxidación Los elementos metálicos exteriores se oxidan y producen “churetones” en las capas superficiales.
Erosión física Es la acción de los agentes atmosféricos en las partes más expuestas de las fachadas y las cubiertas.	Desprendimientos Se producen por la separación de los acabados de los soportes, por pérdida de adherencia: • Esfuerzos rasantes • Esfuerzos perpendiculares	Corrosión Supone la pérdida de material metálico por una reacción química que se produce entre dicho material y otro material próximo.
	Erosión mecánica Se producen por la pérdida del material superficial por efecto de las acciones mecánicas	Organismos Hay dos opciones: la presencia de organismos no deseados o por el ataque de los mismos a los materiales que constituyen los citados elementos. • Animales • Plantas • Hongos
		Erosión química La contaminación ambiental provoca alteraciones de diversos tipos en los componentes mineralógicos de los materiales pétreos.

Figura 3.1. Tipología de daños o lesiones

Fuente: elaboración propia.

Puede dividirse en cinco subgrupos, dependiendo de la zona donde se halle la condensación.

- **Condensación superficial interior:** Aparece en el interior de un cerramiento.
- **Condensación intersticial:** Se presenta en el interior de la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.
- **Condensación higroscópica:** Se produce dentro de la estructura porosa del material que contiene sales que facilitan la condensación del vapor de agua del ambiente.
- **Humedad de obra:** Es la generada durante el proceso constructivo, cuando no se ha propiciado la evaporación mediante un elemento de barrera.
- **Humedad accidental:** Es la producida por roturas de conducciones y cañerías y suele provocar focos muy puntuales de humedad.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

b. Suciedad: Es el depósito de partículas en suspensión sobre la superficie de las fachadas, en algunos casos puede incluso llegar a penetrar en los poros superficiales de dichas fachadas. Se pueden distinguir dos tipos diferentes de suciedad:

- **Ensuciamiento por depósito:** Es el producido por la simple acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión en la atmósfera.
- **Ensuciamiento por lavado diferencial:** Es el producido por partículas ensuciantes que penetran en el poro superficial del material por la acción del agua de lluvia y que produce los churretones que se ven habitualmente en las fachadas urbanas.

- c. **Decoloración y manchado:** Acción y efecto de quitar o amortiguar el color de una superficie, como consecuencia de la meteorización, la presencia de eflorescencias, los ciclos de asoleamiento, los ciclos de humedecimientos y secado, la acumulación de polvo, el lavado por la lluvia.
- d. **Erosión:** Es el desgaste por pérdida o transformación superficial de un material; su origen puede ser físico o mecánico. El físico es producto de la pérdida del material superficial en un componente, elemento o unidad constructiva provocado por acciones físicas de los agentes atmosféricos. Este fenómeno se reconoce como erosión atmosférica. En general se trata de meteorización más o menos superficial de materiales pétreos provocada por la succión de agua lluvia por parte de estos, y su posterior helada, que, al dilatar, va rompiendo las láminas superficiales del material.

El mecánico es producto de la pérdida de material superficial debido a esfuerzos mecánicos sobre ellos. Afectan, sobre todo, a pavimentos, por el inevitable roce y punzonamiento que se ejerce sobre ellos de un modo continuo, pero se puede ver también en las partes bajas y accesibles de las fachadas por las mismas razones. Incluso, en casos de situaciones muy expuestas, se pueden encontrar en partes altas de fachadas y en cornisas, por efecto del viento y de posibles partículas en él contenidas (arenas de playas, desiertos, etc.).

De orden mecánico

Son las acciones no previstas que aplican sobre una unidad un esfuerzo mecánico superior al que es capaz de soportar. Este tipo de causas son debidas a errores en los cálculos (sobrecargas), defectos en la ejecución, en el diseño o a un mal uso. Afectan sobre todo a los elementos estructurales, pero también pueden aparecer en cerramientos, tabiques o acabados. La transmisión de los esfuerzos mecánicos desde los elementos estructurales hasta los de cerramiento puede agravar el problema, llegándose incluso a provocar desprendimientos.

En cualquier caso, las lesiones más comunes producidas por este tipo de causa son las manifestaciones de las acciones de orden mecánico, entre las que se relacionan:

- a. Las deformaciones.
- b. Las roturas (fisuras y grietas).
- c. Los desprendimientos.
- d. Las erosiones mecánicas.



Fotografía de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

También se incluyen entre las causas directas de origen mecánico los impactos y rozamientos en los acabados, incluso los producidos por el viento.

Nota: Cabe anotar que este tipo de patologías (químicas y mecánicas) son provocadas por la presencia de las humedades ya mencionadas.

- a. **Deformaciones:** se evidencian en elementos estructurales como en los de cerramiento, entendiendo como tal todo cambio de forma sufrido por uno de estos elementos como consecuencia de algún esfuerzo mecánico, tanto durante la ejecución de la unidad como cuando esta entra en carga.

Las deformaciones son lesiones evidentemente mecánicas en su origen, en su evolución y en su síntoma o aspecto final. El conjunto de las posibles causas se puede agrupar, a su vez, en cinco subtipos:

- **Asentamientos:** Los asentamientos diferenciales se presentan en edificaciones, particularmente donde hay presencia de agua. Los asentamientos diferenciales hacen que una parte de la estructura se asiente mientras que la restante permanece estática.
- **Desplomes:** Se dan por deslizamiento de la cabeza de los elementos verticales, consecuencia de empujes horizontales sobre la misma.
- **Deflexiones o flechas:** Deformación de un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término “alargado” se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras; un caso típico son las vigas.
- **Pandeos:** Se producen como consecuencia de un esfuerzo de compresión sobre un elemento vertical (lineal o superficial) superior a su capacidad de carga.

- **Alabeos:** Son consecuencia de una rotación del elemento debido a esfuerzos normalmente horizontales.
 - Cualquiera de ellos suele ser, a su vez, origen de lesiones secundarias tales como fisuras, grietas y desprendimientos, sobre todo cuando se trata de elementos de obra de fábrica. Si el elemento afectado por la deformación es de concreto armado, la causa puede ser también un defecto de ejecución consistente en el movimiento de encofrados o de armaduras antes del fraguado del material y, por lo tanto, en su etapa plástica.
- b. Roturas:** Cuando el elemento constructivo agota su capacidad de deformación. Estas se expresan como fisuras y grietas.
- **Fisuras:** Son desperfectos frecuentes en la construcción, ya sea en sus manifestaciones mínimas como microfisuras casi imperceptibles o de mayor entidad como las grietas, que inclusive pueden aparecer durante la ejecución de la obra. Conviene aclarar que las aberturas que solo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo no se consideran grietas sino fisuras. Estas se definen como la separación incompleta entre dos o más partes, con o sin espacio entre ellas; su identificación y caracterización dependerá de su ancho, su largo, su profundidad; pueden ser longitudinales, transversales o aleatorias (Tabla 3.1).



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

Las fisuras o grietas se producen por la acción de fuerzas externas o la combinación de esfuerzos exteriores o interiores de materiales que sufren deformaciones, por retracción y por hinchamientos, que a su vez tienen origen en diferentes causas como movimientos del

terreno, la acción de las cargas y sobrecargas, los cambios en las dimensiones, en los contenidos de humedad, en las condiciones físicas y aun en la composición química de los materiales. Las grietas constituyen motivo de inquietud o cuando menos de insatisfacción por parte de los propietarios y usuarios de las edificaciones; estas se comportan de diferente modo y tienen diversos grados de importancia que van desde ninguno prácticamente hasta crítico, según el caso.

Tabla 3.1. Fisuras

Tipo	Dimensiones
Fina	0,00 mm a 1,00 mm
Mediana	1,00 mm a 2,00 mm
Ancha	2,00 mm a 3,00 mm

Fuente: elaboración propia.

- **Grietas:** Se trata de aberturas longitudinales que afectan todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Se definen como la separación incompleta entre dos o más partes con un espacio mayor a 3 mm; esta separación es la consecuencia de esfuerzos que actúan en la sección neta resistente de los elementos estructurales, por la aplicación de cargas directas, sobrepasando los estados límites.

Dentro de las grietas, y en función del tipo de esfuerzos mecánicos que las originan, se distinguen dos grupos:

- **Por exceso de carga:** Son las grietas que afectan a los elementos estructurales o de cerramiento al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñados. Este tipo de grietas requieren, generalmente, un esfuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.
- **Por dilataciones y contracciones higrotérmicas:** Son las grietas que afectan sobre todo en elementos de cerramientos de fachada o cubierta, pero que también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén las juntas de dilatación.

- c. **Desprendimientos:** Este tipo de deterioros conforman el último grupo entre los daños en las edificaciones, por razón de su frecuencia. Los desprendimientos que afectan particularmente a los materiales de acabados, pisos, enchapes, revestimientos y estucos, son causados por efectos mecánicos, como impactos, vibraciones, así como fallas en la capacidad adherente de los morteros o pegantes que los mantienen sujetos a su base o a su soporte. En general la adherencia de los pe-

gantes industriales corrientes por la presencia de humedad se rebaja hasta anularse, mientras que los morteros para sentar revestimientos cerámicos fallan cuando la mezcla pierde agua al ser absorbida por las baldosas que no se humedecieron debidamente antes de colocarlas.

- d. Erosiones mecánicas:** Son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras. Aunque normalmente se producen en el pavimento, también pueden aparecer erosiones en las partes bajas de fachadas y tabiques, e incluso en las partes altas y cornisas, debido a las partículas que transporta el viento.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

De orden químico

Las causas químicas se producen a partir de todo tipo de productos, tanto procedentes de organismos vivos como de uso, que provocan reacciones en el elemento constructivo. Las sales solubles que se encuentran en los ladrillos, piedras y morteros reaccionan junto con la humedad produciendo eflorescencias.

Los contaminantes ambientales reaccionan con componentes mineralógicos de (generalmente) las fachadas, y provocan erosiones químicas muy variadas. Los organismos, tanto animales como vegetales, segregan ácidos que atacan los materiales.

Entre las reacciones por causas químicas están:

- a. Eflorescencias.
- b. Oxidaciones y corrosiones.
- c. Carbonatación
- d. Aluminosis
- e. Despasivación del acero.

f. Las generadas por organismos:

- Animales.
- Plantas.

g. Erosiones.

a. Eflorescencias: Se denomina eflorescencias a las manchas que parecen por el moho y que salen en el paramento de las paredes o en los enlucidos. Las eflorescencias provienen de la disolución de ciertas sales minerales empleadas o en el agua de amasado.

El desplazamiento de la humedad durante la desecación y la evaporación provoca su aparición sobre el paramento de los muros o paredes. La más frecuente de tales eflorescencias es el salitre, producido por la presencia del amoníaco.

Los hidratos y los carbohidratos de sal son producto, respectivamente, de los aglomerantes y de los áridos (arenas, gravas y otros materiales). El agua es el factor principal de las eflorescencias, que pueden prevenirse, siguiendo ciertas reglas:

- No debe aplicarse nunca un enlucido antes de que la obra esté completamente seca.
- Fotografía de referencia.
- Fuente: Curso Patología de la Construcción.
- Hay que aislar eficazmente los muros o las paredes de la cimentación contra la humedad que sube al terreno.
- Al amasar el mortero de enlucido hay que emplear la cantidad mínima de agua exigida para una correcta puesta en obra.
- Cuando las eflorescencias aparecen, es necesario eliminarlas; su naturaleza es la que determina el remedio que en cada caso hay que contemplar:
- Las eflorescencias que muestran una capa blanca vidriosa provienen de la cal y se disuelven con una solución de ácido clorhídrico.
- Las eflorescencias que se manifiestan bajo la forma de vello o pelusa son producidas por los álcalis y deben quitarse cepillándolas. No debe emplearse nunca el lavado con agua.

Los materiales contienen sales solubles y estas son arrastradas por el agua hacia el exterior durante su evaporación y cristalizan en la superficie del material.

Esta cristalización suele tener formas geométricas que recuerdan a flores y que varían dependiendo del tipo de cristal. Presentan dos variantes:

- Sales cristalizadas que no proceden del material sobre el que se encuentra la eflorescencia sino de otros materiales situados detrás y adyacentes a él. Este tipo de eflorescencia es muy común encontrarla sobre morteros protegidos o unidos por ladrillos, de los que proceden sales.
- Sales cristalizadas bajo la superficie del material, en oquedades, que a la larga acabarán desprendiéndose. Este tipo de eflorescencias se denominan criptoflorescencias.

b. Oxidaciones y corrosiones: Son un conjunto de transformaciones moleculares que tienen como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero. Sus procesos patológicos son químicamente diferentes, pero se consideran un solo grupo porque son prácticamente simultáneos y tienen una sintomatología muy similar.

- **Oxidación:** Es la transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno. La superficie del metal puro o en aleación tiende a transformarse en óxido que es químicamente más estable, y de este modo protege al resto del metal de la acción del oxígeno.
- **Corrosión:** Es la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal.

Este proceso se debe a la acción de una pila electroquímica en la cual el metal actuará como ánodo o polo negativo y perderá electrones a favor del cátodo o polo positivo. Se produce mediante un proceso químico que se desarrolla en presencia del agua o de la humedad del medio o electrolítico, cuando dos materiales diferentes se encuentran en contacto; es un problema característico de la degradación de los metales utilizados en construcción.

En el primer caso el metal al oxidarse forma en su superficie una pátina o capa sutil de herrumbre que se convierte en corrosión; si el proceso continúa, con el tiempo se deteriora el material.

En el segundo caso, al constituirse un par galvánico, tiene también notables efectos destructivos por la continua pérdida de electrones de uno de los metales, resultando inclusive más dinámico que el primero. La corrosión afecta particularmente a ciertos elementos metálicos como las carpinterías a la intemperie, las tuberías metálicas, y puede atacar también algunos materiales como las piedras o los concretos. Adquiere especial importancia cuando afecta elementos estructurales o sus refuerzos; sin embargo, para el caso de los materiales de acabados no resulta demasiado preocupante.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

- **Carbonatación:** Es la reacción del dióxido de carbono atmosférico con el hidróxido de calcio (cal) que ha liberado el clinker del cemento en su proceso de hidratación: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

En la hidratación del cemento (reacción entre el cemento y el agua) se forman, entre otros, cantidades importantes de Ca(OH)_2 , llamado también portlandita, que otorga al conjunto un carácter eminentemente básico y que oscila entre 12 y 13 en valores de pH (protector de la armadura).

Con el tiempo, el CO_2 de la atmósfera pasa a través de los poros del concreto u hormigón, se combina con los compuestos químicos de este, principalmente con el hidróxido cálcico, y llega a formar carbonatos cálcicos, siguiendo la conocida reacción de adormecimiento de cal aérea.

La transformación progresiva de los hidróxidos cálcicos en carbonatos cálcicos provoca el descenso del carácter básico hasta valores de pH de 8 a 9, incluso inferiores, que hacen desaparecer la protección química que supone el pH básico (12-13) de cara a la corrosión de las armaduras.

La corrosión se produce a lo largo de toda la superficie de la armadura y esto implica el consiguiente aumento de volumen del acero y, posteriormente, la aparición de grietas en el elemento constructivo.

La carbonatación comporta una serie de mejoras que serían excelentes si se tratara de un concreto sin armar o sin refuerzo. Estas características favorables son la mayor resistencia mecánica de este, el aumento de la

impermeabilidad superficial y mejor comportamiento respecto a las disoluciones agresivas.

Para diagnosticar elementos de concreto sospechosos de presentar carbonatación, se suelen emplear diversos métodos: desde una simple inspección ocular, a la utilización de análisis químicos y microscópicos. Para detectar, a primera vista, las patologías causadas por la carbonatación será necesario buscar en principio manchas de óxido y grietas longitudinales que sigan la dirección probable de la armadura. La manera más clara de detectarla es mediante un procedimiento químico, basado en la reacción de la fenolftaleína con el hidróxido cálcico.

- **Aluminosis:** Se trata de la transformación de determinados aluminatos cálcicos hidratados, cristalizados de forma hexagonal y de estructura metaestable, en otros aluminatos cálcicos hidratados cristalizados en forma cúbica.

Este fenómeno comporta una pérdida de la resistencia del hormigón y un aumento de la porosidad. Estas patologías serán más o menos graves en función del contenido de cemento por metro cúbico utilizado, de la relación agua/cemento inicial, del proceso de fabricación y del proceso de curado.

Los elementos constructivos afectados por esta patología son las losas o forjados formados por viguetas autorresistentes o pretensadas y sin chapa de compresión.

La gravedad del problema se concentra en todos aquellos espacios susceptibles de recibir humedades, como pueden ser los techos bajo cubierta, las losas o forjados sanitarios y todos aquellos espacios que se llaman espacios húmedos.

Las lesiones aparentes en las viguetas son fisuras y grietas y manchas de óxido. Para detectar un problema de aluminosis se deberá someter a un análisis químico una o varias muestras, que determinen la existencia o no de cemento aluminoso, además de otros ensayos como la difracción de rayos X que sirve para detectar el grado de transformación de la porosidad.

- **Despasivación del acero:** El recubrimiento de concreto que se hace sobre el acero de refuerzo de una estructura de concreto es conocida como la capa protectora o pasivadora que protege el acero de la acción agresiva de ciertas sustancias que pueden ocasionar deterioro o corrosión del acero de refuerzo. Cuando esta capa pasivadora, que debe ser densa, compacta y de espesor suficiente, pierde su capacidad de protección, se dice que se ha despasivado.

- c. Las generadas por organismos:** Tanto los organismos animales como los vegetales pueden afectar la superficie de los materiales. Su proceso patológico es fundamentalmente químico, puesto que segregan sustancias que alteran la estructura química del material donde se alojan, pero también afectan al material en su estructura física. Entre los organismos se diferencian dos grupos: animales y vegetales.
- **Animales:** Suelen afectar, y en muchas ocasiones deteriorar, los materiales constructivos, sobre todo los insectos, que a menudo se alojan en el interior del material y se alimentan de este, pero también los considerados animales de peso, como las aves o pequeños mamíferos, que causan principalmente lesiones erosivas.
 - **Plantas:** Entre las que pueden afectar los materiales constructivos se encuentran las de gran aporte, que causan lesiones debido a su peso o a la acción de sus raíces, pero también las plantas microscópicas, que causan lesiones mediante ataques químicos. Las plantas microscópicas se subdividen, a su vez en: mohos, que se encuentran, casi siempre, en los materiales porosos, donde desprenden sustancias químicas que producen cambios de color, de olor, de aspecto y a veces, incluso, erosiones; y en hongos, que atacan normalmente a la madera y pueden llegar incluso a destruirla por completo.
- d. Erosiones:** Las erosiones de tipo químico son aquellas que, a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos (Figuras 3.2 y 3.3).



Figura 3.2. Daños en los materiales

Fuente: elaboración propia.

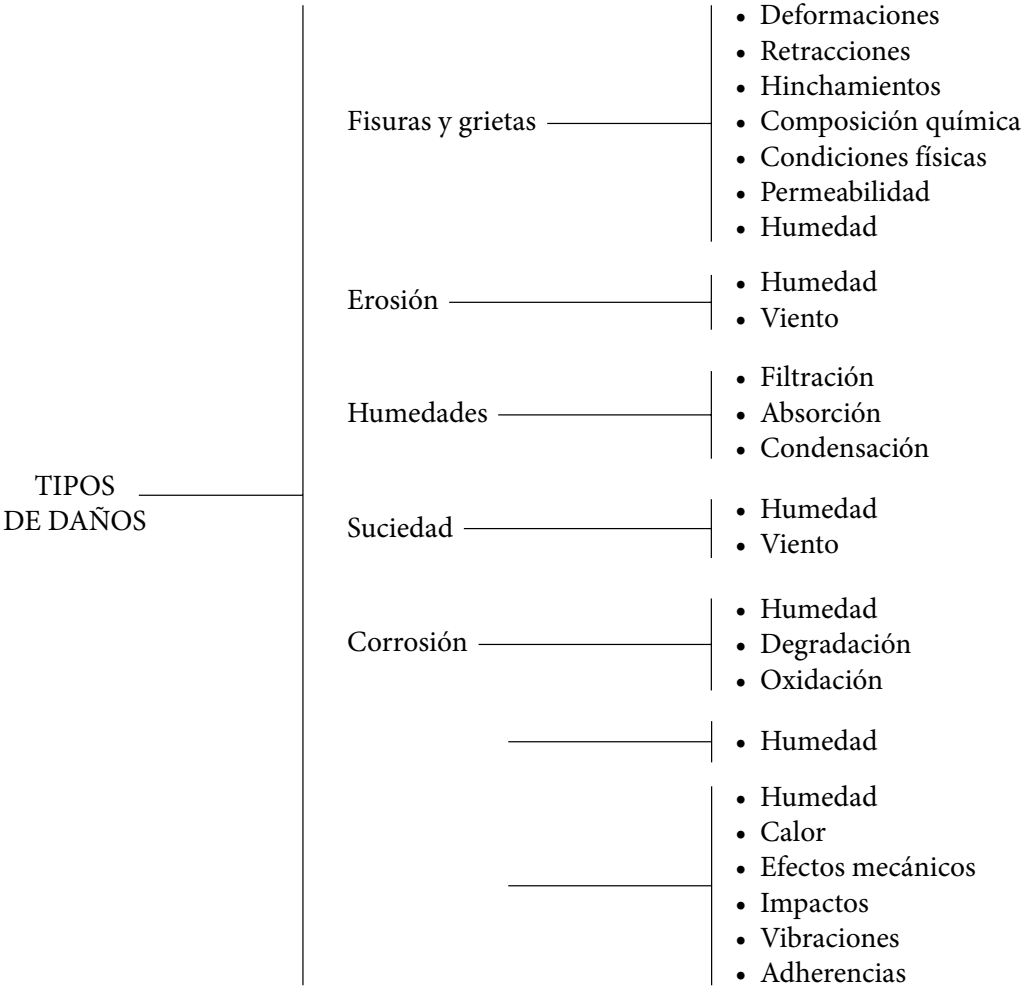


Figura 3.3. Tipo de daños

Fuente: elaboración propia.

DIAGNÓSTICO E INTERVENCIÓN

DEFINICIÓN Y CONSIDERACIONES GENERALES

Un diagnóstico es aquello perteneciente o relativo a la diagnosis. Este término, a su vez, hace referencia a la acción y efecto de diagnosticar (recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza). El concepto de diagnóstico tiene su origen en el campo médico y supone el estudio riguroso de la sintomatología que aparece en un sujeto enfermo, cuyos resultados permitirán emitir un juicio científico sobre el tipo de dolencia padecida por este.

En medicina, un diagnóstico es el acto de conocer la naturaleza de una enfermedad a través de la observación de sus síntomas y signos. También es el nombre que recibe la calificación que da el médico a la enfermedad, según los signos que advierte.

El término diagnóstico proviene del latín *diagnosis*, palabra que a su vez ha sido tomada del griego *diagnostikós*, formado por los prefijos *día* (a través) y *gnosis* (conocimiento o apto para conocer). Por lo tanto, se trata de un “conocer a través de” o un “conocer por medio de”, y que significa “discernir” o “aprender” sobre determinados elementos, “acto o arte de conocer”. Se usa desde tiempos remotos en la medicina y actualmente se utiliza en numerosos ámbitos.

Si bien está íntimamente relacionada con la medicina, la palabra diagnóstico puede aplicarse a otras actividades. En este sentido, también se puede realizar un diagnóstico escolar, un diagnóstico del funcionamiento de una empresa, de un determinado tipo de aparato, del estado de una edificación, etc. Cada uno de estos casos cuenta con un sistema propio de análisis y

evaluación de las características, así como con un particular modo de poner en práctica el accionar requerido. Es así como la palabra diagnóstico es utilizada en diferentes momentos o contextos, para hacer referencia a la caracterización de una situación, mediante el análisis de algunos eventos.

En general, el término indica el análisis que se realiza para determinar cuál es la situación y cuáles son las tendencias de la misma. Esta determinación se realiza sobre la base de informaciones, datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando.

Un diagnóstico es la identificación de la naturaleza o esencia de una situación o problema y la causa posible o probable del mismo. Es un juicio sobre la respuesta de la persona, familia o comunidad a los procesos vitales y problemas de salud. El proceso de diagnóstico es el método de identificación de los problemas del cliente, ya sea esta persona, organización o cosa.

“Conocer para actuar” es uno de los principios fundamentales del diagnóstico que no debe terminar en el “conocer por conocer”.

La necesidad de realizar un diagnóstico está basada en el hecho de que es necesario conocer para actuar con eficacia. En este sentido, todo diagnóstico se convierte en uno de los primeros pasos para un proceso de intervención en la medida que a través de él se puede tener un conocimiento real y concreto de una situación, teniendo en la cuenta que las acciones de un programa o proyecto buscan resolver una situación problema.

Normalmente, un procedimiento diagnóstico es sugerido ante la presencia de elementos o síntomas anormales para determinadas situaciones, de acuerdo con los parámetros comúnmente aceptados como naturales. El diagnóstico puede aplicarse para ratificar o rectificar la presencia de una enfermedad, como también para conocer su evolución en el caso de confirmarse la misma. El diagnóstico puede resultar de diferentes tipos de análisis, algunos más simples y superficiales, pero también de otros más complejos y profundos, sobre todo en el caso de enfermedades de gravedad. En la mayoría de los casos, para poder completar un diagnóstico apropiado y certero, se debe contar con material extra, ya sean pequeños instrumentos o complejos y sofisticados equipamientos.

El diagnóstico remite a dos aspectos: Por una parte, al instrumento para conocer la realidad, y por otra al contenido, es decir, al estudio que se elabora al analizar la información obtenida. No existen contenidos de diagnósticos definidos, sino que estos dependen de cada estudio en particular. El diagnóstico es la primera y más importante herramienta con la que cuenta un profesional de cualquier área o campo para acercarse a la comprensión

y posible tratamiento de las condiciones salubres de un individuo o cosa. El diagnóstico es el resultado del análisis que se realiza en una primera instancia y tiene como fin conocer las características específicas de la situación determinada para así poder actuar en consecuencia, sugiriendo tratamiento o no. Ese análisis diagnóstico se basa en la observación de síntomas existentes en el presente o en el pasado.

¿Para qué y por qué son importantes los diagnósticos?

- Para tener una información básica que sirva para programar acciones concretas, llámense programas, proyectos o actividades.
- Para tener un cuadro de la situación, que sirva para definir las estrategias de actuación.

En otras palabras, el diagnóstico es el punto de partida para diseñar operaciones y acciones que permitan enfrentar los problemas y necesidades detectadas. El diagnóstico debe ser el fundamento de las estrategias que han de servir en la práctica, de acuerdo con las necesidades y con la influencia de los diferentes factores que inciden en el logro de los objetivos propuestos. Un diagnóstico actualizado permite tomar decisiones en los proyectos con el fin de mantener o corregir el conjunto de actividades en la dirección de la situación objeto.

En un diagnóstico, además de caracterizar un problema, se debe conocer:

- Cuáles son los problemas y el porqué de esos problemas en una situación determinada.
- Cuál es el contexto que condiciona la situación problema estudiado.
- Cuáles son los recursos y medios disponibles para resolver estos problemas.
- Cuáles son los factores más significativos que influyen, y las partes implicadas.
- Qué decisiones hay que adoptar acerca de las prioridades, objetivos y estrategias de intervención.
- Cuáles son los factores que determinan que las acciones son viables y factibles.

El diagnóstico requiere de dos aspectos de la lógica: el análisis y la síntesis. Se utilizan diversas herramientas en el proceso, como la historia clínica o el registro, dependiendo del campo donde se aplique; la exploración física y las exploraciones complementarias, entre otras.

El diagnóstico es una de las tareas fundamentales para el reconocimiento, análisis y evaluación de una situación y la base para establecer las

medidas correctivas, el tratamiento o terapéutica eficaz, que conduzcan al mejoramiento de las condiciones o su restitución.

El diagnóstico:

- En sí mismo no es un fin sino un medio, e indispensable para caracterizar la situación, establecer las acciones correctivas y el tratamiento adecuado.
- Es la parte más importante de la evaluación y del análisis de situaciones, pero a pesar de eso conlleva muchas dificultades cuando se explica y se enseña cómo realizarlo.
- Se basa en el análisis de datos seguros y fiables.
- Se fundamenta en el razonamiento, este solo será válido cuando descansa sobre nociones exactas y hechos precisos.
- Debe cumplir con estas premisas; si no se cumplen, los resultados serán erróneos. La validez de una deducción depende de la calidad de las observaciones en que ella se basa.
- Como principios del razonamiento diagnóstico se deben tener en cuenta los siguientes:
- Hacer un resumen objetivo del caso.
- Ordenar la información.
- Jerarquizar los síntomas y signos de acuerdo con su sensibilidad, especificidad, valor predictivo, importancia relativa de las alteraciones funcionales del organismo o de alguna de sus partes producto de la enfermedad, potencial gravedad, etc.
- Agrupar los síntomas y signos encontrados.
- Distinguir entre situaciones anómalas, lesiones “leves”, “graves” y “críticas”, o síndromes “duros” y “blandos”.
- No hipertrofiar el diagnóstico con la creación de situaciones, lesiones, síndromes artificiales.
- Ir de la evidencia, síntoma y signo a la situación anómala, lesión, enfermedad o síndrome; a su descripción, explicación, diferenciación y clasificación (nosología) y al reconocimiento de la causa, su origen (etiología).
- Tener una visión integral u holística, evitando el reduccionismo.
- Existen personas, edificaciones, organizaciones enfermas, no enfermedades.

El concepto de diagnóstico

El diagnóstico es en esencia un proceso cognoscitivo que tiene su punto de partida en el pensamiento concreto sensible. Está ligado a la realidad

objetiva; se desarrolla en el pensamiento abstracto y tiene el criterio de la verdad en la práctica (Figura 4.1).

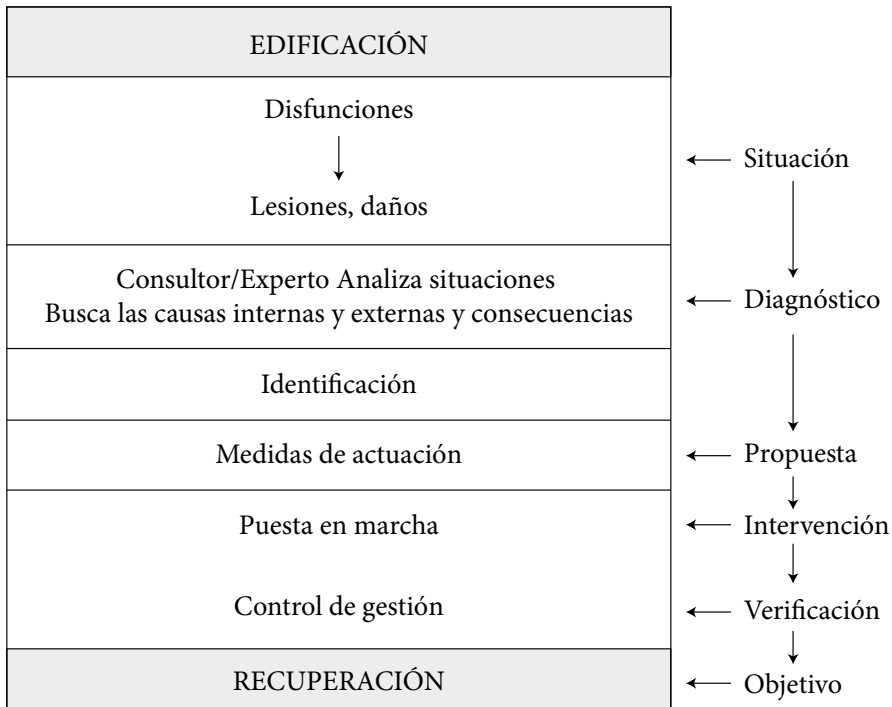


Figura 4.1. Metodología del diagnóstico

Fuente: elaboración propia.

Su finalidad esencial no es la creación de nuevos conocimientos y esta es su diferencia básica con el proceso de investigación científica. No obstante, es un proceso investigativo de la misma complejidad, basado en la utilización de los procedimientos y métodos del conocimiento científico (tanto a nivel empírico como teórico). La complejidad del diagnóstico de las situaciones anómalas, enfermedades, lesiones o daños está condicionada por el estado del arte del conocimiento en sí, la individualidad del objeto de estudio, ya sea este paciente, edificación, organización, etc.

El diagnóstico en particular es el proceso cognoscitivo que desarrolla un profesional con el objetivo de identificar, en una organización, edificación, individuo o grupo de ellos, los componentes o relaciones esenciales del proceso de bienestar, salud-enfermedad.

Para el diagnóstico clínico, en particular este proceso parte de los síntomas y signos obtenidos; se desarrolla a través de la interpretación del pensamiento del profesional, de su fundamentación teórica y se contrasta

con los exámenes complementarios y el resultado del tratamiento o de la terapéutica empleada.

El método clínico tradicional incluye una serie de pasos ordenados y sucesivos que empiezan con la formulación del problema, luego la búsqueda de información mediante la anamnesis y el examen físico, para continuar con la exposición de la hipótesis diagnóstica explicativa basada en la información obtenida del paciente, la cual es contrastada después con exámenes complementarios o por la evolución del caso. Por último, sobreviene la comprobación.

¿Qué necesitamos para diagnosticar?

Se requieren habilidades para ser metódico, sistemático y lógico, por lo que se va a necesitar:

- Conocimientos teóricos. Proviene del marco conceptual.
- Capacidad intelectual. Razonamiento lógico. Formado en el método científico (método que la ciencia utiliza o requiere para la resolución de problemas).
- Aptitud para reunir datos. Muy influenciada por:
 - La experiencia.
 - La intuición
 - La taxonomía.

Funciones del diagnóstico

El diagnóstico, dependiendo del campo de actuación, de su metodología y de la profesión, establece diferentes tipos de relaciones.

- a. En relación con el campo de actuación:
 - Marca la dirección específica para la actuación.
 - Delimita la actuación.
 - Proporciona el objetivo.
- b. En relación con la metodología:
 - Acelera la comunicación.
 - Establece los instrumentos de un método racional y lógico.
 - Evita la repetición del trabajo.
- c. En relación con la profesión:
 - Caracteriza a cada profesión.
 - Proporciona orden y clasificación.
 - Es una estructura que facilita la investigación.
 - Supone una base común para la expansión de conocimientos.

- Promueve la estima profesional (si te quitan la casa o el apartamento se lo cuentas a todo el mundo y a un abogado que te lo resuelve; aumenta la estima hacia la sociedad).

TIPOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO

Los diagnósticos reciben diferentes denominaciones según las bases y parámetros que se utilicen para su formulación, los cuales están relacionados con su alcance, complejidad y con la metodología utilizada para la obtención de resultados. De acuerdo con ello se habla de: diagnóstico general, analítico, diferencial, definitivo, comparativo, intuitivo e hipotético.

Diagnóstico general

Se define como el conjunto de técnicas y medios que se usan para comprobar cuál es la situación de una persona, cosa, organización, edificación, en relación con su estado. La elaboración de un diagnóstico se basa siempre en un estudio o recolección de datos que, relacionados, permiten llegar a una síntesis e interpretación. Este tipo de diagnóstico trata de conocer el estado global de la situación y del objeto del diagnóstico, de ahí que no se detenga en analizar la problemática de cada una de las partes u órganos.

Diagnóstico analítico

Permite conocer la situación del total y los casos individuales que le interesen en relación con algún aspecto y, así mismo, con la finalidad de ver en qué medida se consiguen los objetivos señalados. Es producto del análisis de cómo y por qué se presenta una determinada situación o enfermedad.

Diagnóstico diferencial

Cuando se determina una enfermedad después de estudios comparativos de los signos y síntomas de esta con los signos y síntomas de otra u otras enfermedades similares, se está hablando de un diagnóstico diferencial. Se realiza con aquellos sujetos o partes que manifiestan dificultades específicas, daños, lesiones y se basa en una investigación profunda de las causas que ocasionan esa situación especial.

El diagnóstico diferencial implica distinguir un trastorno de otros que cuentan con características similares. La realización de este estudio es difícil y compleja, ya que se precisa la colaboración de profesionales en cada campo objeto de estudio; en el caso del ser humano, en cuanto a su salud y bienestar: médicos, psiquiatras, psicólogos; en el caso del estado de la edificación:

arquitectos, ingenieros, geólogos, que no solo proporcionan el saber técnico sino su experiencia profesional.

Diagnóstico definitivo

Es la conclusión clínica y paraclínica final; mientras que el diagnóstico provisional se aplica en situaciones de duda, cuando un médico presume que la persona manifiesta los criterios para un determinado trastorno pero no cuenta con la suficiente información para afirmarlo; se le conoce también como prediagnóstico.

Diagnóstico por comparación

Cuando se unen los síntomas y signos del paciente, construyendo un síndrome, se indaga acerca de todas las enfermedades en que este se pueda presentar (sus causas), y se hace el diagnóstico comparando el cuadro clínico del paciente con el de estas enfermedades: qué tiene o qué no tiene de una o de otra, cuáles son las diferencias y semejanzas con cada afección, a cuál se parece más el cuadro del paciente y a cuál menos.

Es conveniente señalar que el paciente, aunque tenga una enfermedad, no tiene todos los síntomas y signos de la afección, y que otras enfermedades pueden tener síntomas y signos similares a los del paciente. El diagnóstico se realiza por la mayor semejanza del cuadro clínico del paciente con el descrito para determinada enfermedad. El diagnóstico adquiere una mayor validez cuando se excluye la posibilidad de cualquier otra enfermedad (diagnóstico diferencial), basado en las diferencias del caso del paciente y todos los otros casos posibles.

El diagnóstico por comparación es el que más se ha usado en la práctica médica tradicional. La comparación del cuadro clínico del paciente con el descrito para la enfermedad analizada en los libros de texto o el que se recuerda de otros pacientes similares, está siempre presente en el ejercicio del diagnóstico.

Diagnóstico por intuición

Aquí el diagnóstico se realiza por el reconocimiento de patrones. Generalmente se hace en pacientes que tienen rostros, manos, voz, características de la piel, o cualquier otro elemento que pueda identificarse por la observación externa del caso y que sea específico de una enfermedad. La experiencia previa (haber visto antes otro caso), el discernimiento, la capacidad de asociación y la de vincular lo que se ve con lo que se ha visto antes, son requisitos para realizar este diagnóstico. Aunque muy gratificante para el médico que lo realiza, es raro en la práctica clínica.

Diagnóstico por hipótesis

No existe un diagnóstico firme sino una hipótesis que habrá de ser confirmada en la evolución de la enfermedad o por la acción del tratamiento. El médico genera sus hipótesis al observar los síntomas o signos; de forma intuitiva construye una imagen mental de lo que puede estar ocurriendo con el paciente, el todo. Aunque condenado por la clínica clásica, en la atención primaria, donde se observa que en ciertas afecciones o dolencias que presentan los pacientes no se llega a un diagnóstico definitivo o este es autolimitado, teniendo muchas veces que utilizar el tiempo como recurso diagnóstico, siempre y cuando se hayan descartado los procesos graves o aquellos en que una demora en el diagnóstico pueda tener consecuencias desfavorables para el paciente.

Se consideran tres formas de razonamiento diagnóstico para la elaboración de las diferentes hipótesis diagnósticas: probabilístico, causal, determinístico y de estas se desprende el método hipotético-deductivo.

Probabilístico: Está basado en la prevalencia de la enfermedad considerada en una población dada, en una edad, sexo o raza, o en la frecuencia de asociación de determinados signos y síntomas con dicha afección. Este tipo de razonamiento se utiliza mucho en medicina, y, sobre todo, en la atención primaria. Un viejo aforismo clínico reza: “Pensar siempre en lo frecuente, pero sin olvidar lo raro”.

Este método es de gran utilidad, pero siempre debe tenerse presente que el paciente que se atiende puede padecer de una enfermedad infrecuente, y para él esta afección no lo es, por lo que se tendrá como orientador y siempre se debe estar atentos ante cualquier señal que pueda revelar un padecimiento inusual.

Causal o etiológico: Deriva su poder diagnóstico de la capacidad de explicar el cuadro clínico del paciente; utiliza relaciones fisiopatológicas de causa y efecto entre datos, ya sean clínicos, humorales o de otro tipo; tiene un gran poder explicativo y se basa en conocimientos generados por las ciencias básicas de la medicina.

Determinístico: En él se aplican reglas predeterminadas en el proceso del diagnóstico, que es realizado analizando los elementos en conjunto como una regla: “En presencia de tales síntomas y signos, piensen en tal diagnóstico”. Lamentablemente este tipo de razonamiento no es útil para muchos de los casos que se atienden, ni sirve para casos complejos o con varias enfermedades.

El método hipotético-deductivo: En este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por datos empíricos y aplicando las

reglas de la deducción se llega a predicciones que se someten a verificación empírica, para saber si hay correspondencia con los hechos, comprobándose la veracidad o no de las hipótesis de partida.

A medida que los médicos adquieren más conocimientos y experiencias sobre las enfermedades, el proceso del diagnóstico ocurre de forma diferente. Cuando comienzan a recoger los datos en la anamnesis, lo hacen con base en la queja principal, el aspecto general del paciente, su sexo, su edad y su raza, con lo que se generan un concepto inicial. Las hipótesis iniciales son activadas por la información proveniente del paciente en interacción con la experiencia del médico en la atención de casos similares, y su conocimiento de los cuadros clínicos de las diversas enfermedades que puedan manifestarse de forma semejante.

Una hipótesis es un diagnóstico presuntivo que el médico utiliza para explicar las quejas del paciente y que se deriva de un análisis del concepto inicial. Una vez formuladas las hipótesis iniciales, este insiste en áreas del interrogatorio, en el examen físico y en las investigaciones para confirmar una de las hipótesis y excluir las demás. Este es el llamado método hipotético-deductivo, y para usarlo el médico debe estar orientado por las hipótesis para ganar tiempo y no pasar horas recolectando grandes volúmenes de información de poco valor. Se investigan datos que, de estar presentes, le dan más fuerza a su hipótesis, y de estar ausentes, la debilitan, tratando de encontrar elementos que le ayuden a descartar o a excluir hipótesis alternativas.

A pesar de que se pueden dirigir el interrogatorio y el examen físico, se deben hacer lo más completos posibles, para que no escape ningún dato no sugerido por la impresión inicial, así como para detectar problemas asintomáticos o complicaciones de la enfermedad. También permite encontrar nuevos datos que variarán el enfoque preliminar.

La formulación de las primeras hipótesis, al inicio de la consulta, casi inmediatamente después de que el paciente ha planteado sus primeros síntomas, es contrario al punto de vista ortodoxo de que el médico debe recoger una gran cantidad de datos antes de elaborar sus hipótesis.

En este método, cuando las evidencias niegan la hipótesis inicial, el médico la revisa, plantea nuevas hipótesis e inicia de nuevo el proceso de exploración, hasta que llega al diagnóstico de certeza o a un punto donde se siente lo suficientemente seguro como para tomar decisiones respecto al manejo del paciente. Aun después de haber alcanzado ese punto, si el paciente no avanza en la forma prevista, el médico debe estar preparado para revisar su hipótesis. En las primeras etapas de la formulación de hipótesis es muy importante que el proceso sea lateral y divergente,

de manera que el médico pueda considerar las variadas explicaciones posibles a los síntomas del paciente, y se prueben hipótesis alternas (diagnósticos diferenciales).

Está claro que, si la anomalía es grande, de entrada, hay que considerar las posibilidades diagnósticas sugeridas por el examen e iniciar la investigación. Pequeñas anormalidades llevan muchas veces a grandes levantamientos diagnósticos, muchos gastos y molestias en pacientes que, por lo demás, están sanos. Nada puede ser tan improductivo como el estudio exhaustivo de pequeñas anormalidades encontradas en pacientes asintomáticos.

Como resumen se puede decir que el uso de la tecnología en el diagnóstico sirve para reforzar una hipótesis diagnóstica, para comprobarla, para excluir una enfermedad o reducir sus posibilidades, para investigar o rastrear enfermedades asintomáticas, en este caso descubren o excluyen una enfermedad específica; y no es menos cierto que algunas veces en el proceso del diagnóstico hay exámenes que se indican para tranquilizar al paciente o al médico.

La tecnología es de gran ayuda en el diagnóstico, pero no sustituye a la clínica; ambas deben relacionarse armónicamente. Unas veces el peso específico mayor es de la clínica, y otras, de la tecnología. El diagnóstico ha sido, es y será siempre un reto intelectual fascinante para los médicos, y una fuente inagotable de satisfacciones en su vida profesional, siempre y cuando se dominen sus bases y procedimientos. En los momentos actuales, con el desarrollo impetuoso de la tecnología, se ha producido una situación en que no pocos médicos y pacientes han perdido la confianza en el interrogatorio, el examen físico y el razonamiento médico, y sobrevaloran el uso de la tecnología en el diagnóstico. No es raro, tampoco, encontrarse con el caso de que a una pequeña anormalidad en un examen complementario se le da más valor que al cuadro clínico del paciente.

FASES DEL PROCESO DE DIAGNÓSTICO

Un diagnóstico de situación es el conocimiento aproximado de las diversas problemáticas de una población objeto o del objeto de estudio, en el cual, a partir de la identificación e interpretación de los factores y actores que determinan su situación, se hace un análisis de sus perspectivas y una evaluación de la misma.

La planeación forma parte de la primera etapa del proceso de diagnóstico de situación; es una labor imprescindible dentro de las actividades de programación de la evaluación del estado de una persona o individuo,

organización o cosa, edificación, etc. Es la ejecución de una metodología que permite la detección de diversas problemáticas y su importancia relativa, así como los factores que la determinan.

El propósito del diagnóstico es identificar los problemas detectados en términos de su:

- a. **Naturaleza:** Enfermedades, lesiones o problemas de diversa índole.
- b. **Magnitud:** Prevalencia, incidencia, mortalidad, letalidad o porcentajes según variables de población, espacio y tiempo.
- c. **Trascendencia:** Impacto social o económico. Pérdidas por enfermedad, incapacidad o muerte, disminución en la producción o en la productividad.
- d. **Vulnerabilidad:** Recursos disponibles para prevenir, controlar o erradicar el problema: inmunización, tratamiento, diagnóstico, etc.

Se distinguen tres fases, que se deben seguir de forma sistematizada, sistémica y ordenada, que son: Reconocimiento e identificación, análisis e interpretación, tratamiento e intervención.

Fase I. Reconocimiento e identificación

Obtención de datos preliminares e investigación del proceso

Durante esta fase se identificará la principal fuente de información, dependiendo del caso objeto de estudio, ya sea esta persona, organización o edificación y la meta de la investigación, su estado; para realizar esta tarea se debe realizar un trabajo de investigación que conlleve un proceso en el que se relacionen las variables propias del objeto de diagnóstico. Es en esta fase donde se determina el tipo de datos que será recopilado y la elección del instrumento que según las necesidades se adapte a la situación.

- a. Etapa preparatoria:
 - Definir la información básica requerida.
 - Conocer las fuentes de información, problemas y limitaciones.
- b. Etapa de recolección de información:
 - Recoger la información básica para cada grupo de datos, valorando la idoneidad y objetividad.
 - Seleccionar la información, descartando lo que no sea útil.
 - Procesar la información mediante indicadores y la utilidad que se pueda tener de la misma.

Reconocer es examinar a alguien o a algo para averiguar su situación, su estado de salud o para diagnosticar una presunta enfermedad, lesión

o deterioro. También se dice que es examinar u observar de manera cuidadosa a una persona o cosa para conocerla mejor y formarse un juicio. Así, reconocimiento médico o clínico es el examen que se realiza para averiguar el estado de salud de una persona. Es parte del método clínico, considerando este como el proceso o secuencia ordenada de acciones que los médicos desarrollan para generar conocimiento acerca del estado del paciente. Es el orden establecido para estudiar y comprender el proceso de salud y de enfermedad de un sujeto en toda su integridad social, física, biológica y psicológica. Es el método científico aplicado a la práctica clínica. El método clínico es el conjunto de pasos que se siguen para la elaboración del diagnóstico de una enfermedad. Forma parte de la construcción del conocimiento médico que recorre la clínica. También podría decirse que es el estudio profundo de un caso en particular; sin embargo, puede que se atienda a un grupo, familia, etc. A su vez es válido aclarar que hay otras ciencias que utilizan este método y no es exclusivo de la medicina. Se basa en la:

- Observación.
- Descripción (es necesario un lenguaje).
- En las fases del proceso:
- Se parte de las molestias subjetivas comunicadas al médico por el paciente; es decir, por los síntomas. El conocimiento de los síntomas permite establecer un diagnóstico presuntivo.
- A continuación, el médico explorará al paciente para encontrar las alteraciones objetivas o signos que este sufre. En este momento, si los síntomas y los signos forman parte de un síndrome, el diagnóstico se considerará sindrómico.

La exploración física o examen físico es el conjunto de procedimientos o habilidades de la ciencia de la semiología clínica, que realiza el médico o el profesional de la salud al paciente, después de una correcta anamnesis en la entrevista clínica, para obtener un conjunto de datos objetivos o signos que estén relacionados con los síntomas que refiere el paciente.

En la suma de estos datos de anamnesis y exploración física, registrados en la historia clínica, se apoya la construcción de un diagnóstico o juicio clínico inicial a partir del cual se solicitan o no determinadas exploraciones complementarias que confirmen el diagnóstico de un síndrome o enfermedad.

En muchas ocasiones la simple exploración física, acompañada de una buena anamnesis, ayuda a establecer un diagnóstico sin necesidad de la realización de pruebas clínicas o exploraciones complementarias más

complejas y costosas. Además, la exploración física establece un contacto físico estrecho entre el médico y el paciente, estableciéndose así una confianza en la relación médico-paciente.

La exploración física o examen físico puede realizarse por aparatos o sistemas de forma general, o especializarse más concretamente en los síntomas que refiere el paciente en un determinado sistema o aparato.

En resumen, cuando se realiza un examen médico general dentro del contexto de una entrevista clínica este consta de: anamnesis, exploración física o examen físico, pruebas complementarias o exploración complementaria.

A continuación se comentan los procedimientos médicos que realiza este con el paciente y se relacionan estos con los seguidos por los profesionales de la construcción cuando inspeccionan una edificación para conocer su estado, ya sean condiciones físicas o de habitabilidad.

- a. **Anamnesis** Es la reunión de datos subjetivos, relativos a un paciente, que comprenden antecedentes familiares y personales, signos y síntomas que experimenta en su enfermedad, experiencias y, en particular, recuerdos, que se usan para analizar su situación clínica.

Si se infiere este primer paso al caso de la edificación se tiene que con esta no se puede establecer un diálogo directo para conocer sus antecedentes, pero este puede ser remplazado con el diálogo con los diversos actores que participaron en el desarrollo de las diferentes fases del proceso de producción de la misma, con usuarios mediante la consulta de documentos (planos, memorias de cálculo, bitácora de construcción, manual de mantenimiento) que aportarán los datos acerca de su origen, concepción, ejecución y uso.

- b. **Exploración física o examen físico:** Es el conjunto de procedimientos o habilidades de la ciencia de la semiología clínica que realiza el médico al paciente, para obtener un conjunto de datos objetivos o signos que estén relacionados con el motivo de consulta que refiere el paciente.

En la edificación su reconocimiento se hace a través de la inspección, en la cual se identifican las diferentes manifestaciones apreciables a la vista o no, originadas como resultado del uso de la misma, de las condiciones ambientales en las que se encuentra. Los procedimientos relacionados con la inspección pueden ser una tarea sencilla en algunos casos o, por el contrario, una muy ardua en otros, según la complejidad de los problemas, así como dependiendo de la magnitud y naturaleza de esta.

c. Pruebas complementarias o exploración complementaria: Es una prueba diagnóstica que solicita el médico para confirmar o descartar un diagnóstico clínico. Las pruebas complementarias o exámenes diagnósticos deben ser solicitadas para una indicación clínica específica, deben ser lo bastante exactas como para resultar eficaces en esa indicación y deben ser lo menos costosas y peligrosas posible. Ninguna prueba diagnóstica es totalmente exacta y los resultados de todas ellas suelen plantear problemas de interpretación.

Los exámenes complementarios tienen un uso definido y son solo un dato más en la atención al paciente, y como cualquier otro dato pueden no ser enteramente confiables. Además, a medida que se realizan más exámenes complementarios en un paciente hay más probabilidades de tener un resultado falso positivo. Hasta un estudio por imagen (que es lo más objetivo que hay) puede perder su significado si se abstrae del contexto clínico del paciente.

Los principios para el uso de exámenes complementarios son:

- Selección correcta de los exámenes, pruebas (guiados por la clínica).
- Realizar solo los necesarios (los que pueden cambiar la conducta o alterar significativamente las probabilidades diagnósticas).
- Sopesar siempre los riesgos para el paciente (e informarle el examen que se va a hacer y los riesgos).
- Tener el consentimiento del paciente y sus familiares.
- Evitar la iatrogenia (acto médico dañoso).
- Saber interpretar los exámenes.
- Integrarlos críticamente a la clínica del paciente (qué aportan y su relación con el cuadro clínico).
- Aportar datos clínicos suficientes al indicar pruebas y exámenes.
- Interconsultar con los especialistas que realizan pruebas y exámenes.
- Seguir una secuencia lógica al indicarlos.
- La incertidumbre existe en todas las investigaciones de laboratorio.

La importancia de los productos generados por esta metodología se basa en la oportunidad de identificar y jerarquizar las diferentes problemáticas de la población objetivo, para posteriormente precisar líneas de acción, actividades, objetivos, metas, asignación y distribución de recursos, los cuales son elementos imprescindibles en la elaboración de programas.

Algunas de sus aplicaciones más importantes son:

- Ofrece información sobre distintas problemáticas, factores de riesgo, necesidades sentidas o no sentidas de una población.

- Permite definir y diseñar programas de prevención, control o erradicación de enfermedades y de promoción o recuperación de la salud.
- Sirve para identificar asociaciones causales como base para hipótesis de estudios epidemiológicos.
- Facilita la prestación de servicios de salud.
- Proporciona información indispensable para la evaluación de los programas de salud.

Toda la información socio-sanitaria recogida se registra en la historia clínica, en la actualidad en la historia clínica electrónica. El historial médico proporciona información relevante para diagnosticar enfermedades o problemas de salud. También sirve para elaborar informes médicos y certificados sobre el estado de salud de una persona.

La inspección de la edificación y el diagnóstico presuntivo o pre-diagnóstico producto de esta determinará la realización de pruebas y ensayos que permitan su comprobación o, en su defecto, hagan que el proceso se replantee en aras de la obtención de resultados acordes con la situación. Igualmente, como sucede con el ser humano, la exploración complementaria responde a un plan de trabajo previamente trazado.

Fase II. Análisis e interpretación de la información

Una vez compilados los datos se podrán utilizar matrices, cuadros, diagramas o cualquier otro instrumento para validar la objetividad de la información y como ayuda diagnóstica.

- Para analizar las prioridades u objetivos estratégicos que se pretenden cubrir se deben emplear diversas técnicas, que permitan interpretar información cualitativa y cuantitativa para la posterior toma de decisiones.
- El diagnóstico clínico definitivo requiere que se hagan exploraciones complementarias tales como las que se realizan mediante exámenes de laboratorio avanzados, como radiografías, ecografías, resonancias magnéticas, electrocardiogramas, etc.
- El diagnóstico clínico definitivo (o etiológico), aunque reciba este nombre, es, por lo general, parcial o incompleto, lo que implica que el verdadero diagnóstico definitivo sea el que se realice en un examen post mortem. Es en este momento cuando el médico puede apreciar que lo que diagnosticó y trató es solo una pequeña parte de la enfermedad que sufría el paciente. A este diagnóstico post mortem se le denomina diagnóstico anatomopatológico.

En el procesamiento y análisis de la información se hace necesario su:

- Clasificación.
- Agrupación.
- Identificación de relaciones significativas.
- Observación crítica de los atributos (características).
- Selección de unas prioridades.
- Desarrollo de un criterio.
- Desarrollo de una taxonomía (para identificar las clasificaciones).

Para la valoración de la información recogida se recomienda hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Qué asunciones pueden haberse pasado por alto?
- ¿Fue completa la recolección de datos?
- ¿Se está seguro de los datos recogidos?
- ¿Hasta qué punto se recogen las percepciones del paciente, del cliente?
- ¿Hasta qué punto se está seguro de las conclusiones obtenidas?

Dentro del método científico, el diagnóstico (análisis e interpretación) corresponde a la etapa de formulación de hipótesis, conteniendo diferentes niveles de complejidad, por lo que se necesita del método científico para poder diagnosticar.

El método científico consiste en observar los hechos significativos, sentar hipótesis que expliquen satisfactoriamente estos hechos y deducir de estas hipótesis consecuencias que puedan ser puestas a prueba por la observación, para adoptar como provisionalmente verdadera la hipótesis establecida.

Las etapas de que consta este método son:

- a. Realizar un estudio completo del problema que se va a tratar, lo que implica:
 - Definición, lo más concreta y específica posible del problema.
 - Búsqueda y recopilación de información pertinente al problema, tanto en lo referente a datos de interés como a los conocimientos existentes sobre él (bibliografía).
 - Análisis y explicación de los datos.
 - Formulación de hipótesis o conclusiones probables.
 - Contrastación de las hipótesis; la repetición de experiencias deducidas de las hipótesis con resultados positivos avalarán el grado de certeza de las hipótesis.
 - Búsqueda de leyes, principios, generalizaciones, lemas, teoremas.
 - Elaboración de la teoría a la vista de las hipótesis enunciadas.

- b. Interpretación de los resultados, diagnóstico. Para la interpretación se recomienda tener en cuenta lo siguiente:
- Análisis de la información descrita previamente.
 - Delimitar el estudio en un área o parte y en un tiempo determinado.
 - Los datos deberán abarcar a todas las partes o a muestras representativas de ellas.
 - Los indicadores deberán definir exactamente criterios adaptados universalmente.
 - La identificación de daños o problemas se completará con información cualitativa.
- c. Una vez establecido el diagnóstico, reconocida e identificada la enfermedad o entidad nosológica, se procederá a su pronóstico, tratamiento y profilaxis.

Para la verificación del diagnóstico es necesario hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Hasta qué punto las evidencias apoyan que los problemas identificados son correctos?
- ¿Se ha pasado por alto algún otro problema que pudiera estar indicado por las evidencias?
- ¿Se ha hecho algún juicio de valor?
- ¿Se tienen claras las ideas subyacentes?
- ¿Se ha formulado el problema de forma clara y específica?
- ¿Se han identificado los recursos del paciente o del cliente (usuario, propietario)?

Fase III. Tratamiento e intervención

Consiste en todas aquellas opciones ambientales, humanas, físicas, químicas, entre otras, que contribuyen a mejorar, sanar, curar al objeto de intervención, ya sea este paciente o edificación, o bien a la atenuación de sus síntomas (tratamiento paliativo) para mejorar en lo posible su calidad de vida, logrando su incorporación a la sociedad o la devolución de sus condiciones funcionales, de estabilidad, durabilidad o de habitabilidad, que garanticen la continuidad en la prestación del servicio.

El número de modalidades terapéuticas, dependiendo del campo donde se apliquen, resulta ser grande y variado. Entre los tratamientos curativos están los que comprenden intervenciones quirúrgicas (cirugías), farmacológicas, planes de mejoramiento, reingeniería, reparación, rehabilitación, entre otros.

En las intervenciones se suelen seguir procedimientos de acuerdo con la prescripción o el diagnóstico, los cuales contribuyen a paliar el problema o a disminuir sus efectos, que en muchos casos solamente alivian los síntomas; o aquellos que disminuyen la causa del problema y evitan que se produzcan los síntomas; o los que eliminan la enfermedad, daño o lesión, los cuales son reconocidos como curativos.

El tratamiento puede ser un proceso complejo, producto de la aplicación integrada de muchos procedimientos para lograr que el sujeto u objeto de este (individuo o edificación) recupere su estado funcional óptimo, que le permita la utilización apropiada de todas sus capacidades o la prestación del servicio.

En la actualidad la mayor parte de las enfermedades es tratada mediante sistemas terapéuticos; el más común es el que se identifica con el nombre de *terapéutica generalizada o por enfermedad*; sin embargo, ya ha comenzado a aplicarse un nuevo sistema de tratamiento denominado *terapéutica individual o personalizada*, la cual probablemente tendrá en la próxima década un fuerte impacto en la práctica médica.

En el primer caso el individuo afectado consulta al médico, quien realiza el diagnóstico de su enfermedad, aconseja el tratamiento y observa la respuesta del paciente a este. Si el resultado obtenido coincide con el esperado, la medicación prescrita se mantiene. Por otra parte, si el enfermo no responde a la medicación o presenta trastornos colaterales indeseables se implementan nuevos métodos terapéuticos hasta encontrar el más efectivo. En este sistema de terapéutica generalizada existen tres aspectos sobre los cuales vale la pena llamar la atención. El facultativo elige un tratamiento sobre la base de la información publicada y su experiencia personal. De acuerdo con la respuesta del paciente se mantiene el tratamiento elegido o se lo cambia hasta obtener un resultado positivo; en otras palabras, se usa un proceso de ensayo y error. Finalmente, los grandes laboratorios de productos medicinales o farmacéuticos producen medicamentos para enfermedades y no para individuos enfermos. En consecuencia, la cantidad de compuestos para tratar una determinada enfermedad suele ser relativamente limitada.

Cuando se analizan las etapas de la terapéutica individual o personalizada se observa la existencia de una etapa de diagnóstico genético, el empleo de sistemas informáticos y la producción de medicamentos personalizados en lugar de medicamentos para enfermedades, por parte de los laboratorios médicos. Cada una de estas etapas merece un análisis más extenso.

En el caso de la edificación se puede afirmar que también para cada enfermedad, lesión o daño hay una serie de productos y de procesos aplicables

que conducen a corregir las situaciones anómalas. Al respecto existe poco consenso sobre el tema, lo cual se ha agravado por el gran número de nuevos materiales sistemáticamente lanzados al mercado. Sin embargo, el sector industrial que elabora productos para la reparación de materiales, componentes o partes de la edificación es uno de los más prometedores y ha generado en las últimas décadas un elevado número de alternativas de materiales, sistemas y técnicas de reparación.

Los profesionales del sector de la construcción y los que intervienen en los procesos de mantenimiento, reparación y rehabilitación, para garantizar el funcionamiento y la operación de las edificaciones, deben actualizarse permanentemente para avanzar en el campo de la patología, que les permita realizar diagnósticos acertados y la formulación de tratamientos e intervenciones con una concepción sistemática y holística. En la práctica es costumbre dejar por cuenta del maestro de obra o en su defecto de obreros sin una mayor capacitación la resolución de estas situaciones, por lo que ha habido experiencias nefastas que han generado incredulidad acerca de las bondades del avance de la ciencia y la técnica en el campo de la construcción.

Para llevar a cabo cualquier intervención constructiva en una edificación es necesario elaborar un proyecto sobre la base de un diagnóstico previo, que brinde a los proyectistas la mayor cantidad de información sobre la edificación objeto de estudio, sus principales deterioros, las causas, mecanismos de actuación, evolución y posibles tratamientos para su reparación.

Los métodos de análisis constituyen un instrumento básico para la conservación de las edificaciones, ya que intentar frenar o corregir su deterioro sin un diagnóstico de sus problemas o un pronóstico sobre su evolución, es un riesgo con un alto porcentaje de probabilidades de fracaso.

La utilización de una metodología adecuada para el diagnóstico de los daños presentes en una edificación, así como su evolución y pronóstico de desarrollo, deberá repercutir directamente en una mejor calidad de los proyectos de rehabilitación que se vayan a realizar, así como en la obtención de mejores resultados desde el punto de vista científico, técnico y económico en las investigaciones que es necesario llevar a cabo para estos fines.

Para garantizar que la intervención es factible y se obtendrán los resultados esperados es conveniente hacerse las siguientes preguntas.

- ¿Están identificados todos los problemas, enfermedades, lesiones o daños?
- ¿Se priorizaron los problemas?
- ¿Se ha incluido al paciente, al usuario, al propietario para fijar las prioridades?

- ¿En qué medida los resultados esperados reflejan una mejora para la resolución de los problemas identificados?
- ¿Los resultados esperados están centrados en el objeto de estudio (paciente, comunidad, organización, objeto o cosa, edificación, etc.)?
- ¿En qué medida los resultados son específicos y realistas?
- ¿En qué medida es realista el marco temporal fijado para la consecución de los objetivos?
- ¿Son específicas las intervenciones?
- ¿Se han fijado los recursos del paciente, del cliente, del usuario?
- ¿Se han considerado las preferencias del paciente o del cliente o usuario para desarrollar el plan de intervención?



Fotografía de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U.

EL DIAGNÓSTICO DE LAS EDIFICACIONES

El desarrollo del conocimiento acerca del comportamiento de la edificación en el tiempo, el garantizar su uso y el cumplimiento de sus funciones han incidido positivamente en las acciones de mantenimiento, rehabilitación y restauración.

Los medios y procedimientos adoptados para ejecutar estas acciones deben dar a la edificación condiciones tales que permitan su permanencia, estabilidad y durabilidad acordes con su importancia, por lo cual a través de una analogía con la medicina se evalúa y se diagnostica su estado,

con el propósito de determinar su tratamiento preventivo y curativo, si es el caso; el tratamiento preventivo es la profilaxis y el curativo la terapia. La terapia, como nueva disciplina de la construcción, estudia la corrección y la solución más duradera de los problemas patológicos; es decir, cómo corregir la pérdida prematura de las condiciones del servicio de la edificación en su conjunto o de algunas de sus partes no previstas en su vida útil esperada y deseada.

Bajo esta nueva premisa se puede considerar que las obras de edificación y las obras civiles en general deberían ser estudiadas y entendidas a la luz de nuevos enfoques o enfoques complementarios a los tradicionales, los cuales no han sido suficientes para comprender el comportamiento de estas bajo criterios de la teoría clásica, acerca de la estabilidad de las estructuras, la resistencia de los materiales, los cuales a su vez no han podido explicar su envejecimiento prematuro y por ende la disminución de sus condiciones de durabilidad. Teniendo en cuenta lo anterior, en el sector de la construcción se vienen utilizando disciplinas, mecanismos, metodologías, procedimientos, tales como la normalización, el aseguramiento de la calidad o la calidad ambiental, la patología, la profilaxis y la terapia orientadas todas ellas a garantizar la vida útil de las obras, su sostenibilidad en el tiempo o, en su defecto, que las intervenciones que se realicen con este propósito permitan alcanzarla.

Para efectuar un estudio o análisis patológico es necesario definir una metodología que permita una solución duradera de la situación (Figura 4.2).

INSPECCIÓN, PRUEBAS Y EVALUACIÓN

La inspección, pruebas y evaluación son las actuaciones previas al proyecto de intervención; a partir de la elaboración de estudios tanto de materiales como de sistemas compositivos de la edificación, se determinará el tipo de tratamiento que se podrá o no llevar a cabo.

La observación y el análisis sirven para determinar las causas de daños que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias. De manera sistemática y ordenada, se tiene que desarrollar una serie de pasos secuenciales, para llevar a cabo una investigación que conlleve a elaborar un diagnóstico (con sus causas), de modo que este a su vez permita emitir un pronóstico del comportamiento de la edificación, bajo las condiciones de servicio esperadas hacia el futuro.

Consiste en analizar el estado actual de la edificación o de una de sus partes, previo reconocimiento, inspección, recolección de información,

toma de datos, clasificación y análisis de estos. En esta fase, se determinan y proponen las intervenciones que pueden ser realizadas, según el estado de los elementos o partes donde se han detectado patologías.

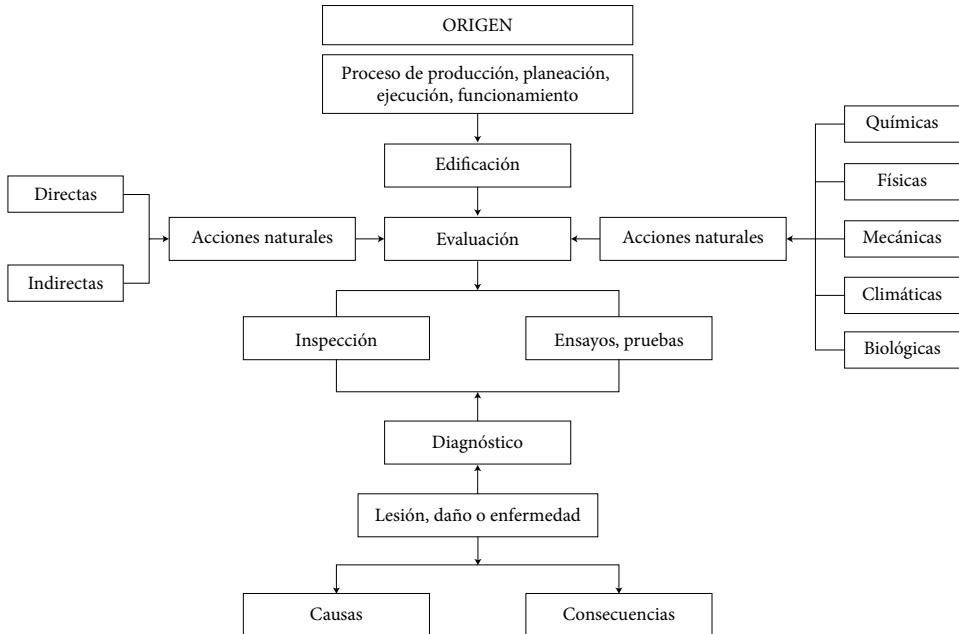


Figura 4.2. Proceso de la evaluación del estado de una obra de edificación u obra civil o de una de sus partes

Fuente: elaboración propia.

En general, el diagnóstico incluye la capacidad residual, así como las necesidades de actuación y su urgencia. En caso de existencia de daños, se debe determinar la naturaleza, magnitud, alcance y causa probable de los mismos.

El diagnóstico del problema comprende el estudio de una serie de aspectos que pueden ser reunidos de forma secuencial, estos son: el origen del problema, las causas, evolución, síntomas y estado actual, que conforman un conjunto que recibe el nombre de proceso patológico; dentro de este proceso hay tres etapas que están bien definidas: el origen, la evolución y el estado final, y es de anotar que para el diagnóstico del problema esta secuencia temporal es recorrida en forma inversa, partiendo de la observación del síntoma, para llegar a la causa.

Los síntomas son las manifestaciones visibles o efectos finales del proceso patológico, también llamados daños o lesiones; su correcta identificación es importante para poder dar una correcta solución a la enfermedad.

Para dictaminar las causas precisas y los factores concomitantes de una problemática particular es necesario realizar un examen visual para caracterizar todos los síntomas, así como un número de ensayos que permita acotar el problema. Cuando se hace una inspección se tiene como objetivo cuantificar la extensión del daño o deterioro y caracterizar todos los elementos de la edificación afectados.

La inspección debe incluir las siguientes acciones:

- a. Examen visual de la edificación, elemento por elemento, con el fin de comprobar si los síntomas y la naturaleza del problema son iguales en todos los casos, o si existe más de una problemática de conjunto.
- b. Registrar todos los síntomas visuales, estado de la superficie del elemento o componente, si se presentan fisuras, manchas de óxido, desprendimientos o algún otro tipo de lesión o daño.
- c. Identificar la agresividad ambiental.
- d. Analizar el estado de daño o lesión, tomar medidas en el sitio que permitan evaluar el grado de lesión o daño.
- e. Realizar ensayos respecto al estado y composición de los materiales en proceso de degradación.

Después de establecer una correcta y completa sintomatología, fundamentada en las distintas visitas de inspección ocular centradas en la edificación y su entorno, es posible que se requieran ensayos y el análisis de sus resultados. Puede que algunos de estos ensayos tengan que realizarse en la misma obra y otros requieran ser analizados y ensayados en laboratorio. Del mismo modo, mientras algunos de estos ensayos pueden ser no destructivos, otros puede que sí lo sean. En cualquier caso, si en algún momento de la investigación patológica se estima la necesidad de desalojar, establecer apeos o tomar cualquier otra medida de precaución, estas se establecerán inmediatamente y sin esperar el final de la investigación.

Una metodología de investigación que puede ser de gran eficacia es la de considerar, en primer lugar, todos y cada uno de los síntomas y tipificarlos e identificarlos con todas y cada una de las causas que pueden producirlos, para más tarde ir considerando las causas posibles y, una a una, ir descartándolas, demostrando técnicamente porqué ella no pudo darse. Así se eliminan las causas que no han participado, quedándose con las restantes, admitiendo que todas, en una u otra medida, han incidido en los daños. A partir de este punto se ha de iniciar una nueva fase en la investigación, encaminando ahora el objetivo y esfuerzo a tratar de determinar cuál o cuáles de estas que no se han podido descartar conforman la causa principal o la más importante, o quizás solo la que ha desencadenado el proceso de deterioro.

Llegado a este punto se puede decir que, generalmente, una causa no genera solo un síntoma, ni se sirve indefectiblemente de uno determinado. De la misma forma que un síntoma casi nunca es producto de una sola causa. Todas estas causas a las que se ha hecho referencia en el párrafo anterior, han de ser tenidas en cuenta y tomadas como importantes a la hora de proponer el tratamiento o la terapéutica. Del análisis de la sintomatología, así como de la consideración de los ensayos, recálculos, otros trabajos y conclusiones, es posible que se pueda establecer la causa o las distintas causas que hayan podido originar daños. Solamente falta estar convencidos de que a partir de un correcto diagnóstico se puede establecer una terapéutica acertada.

Realizar un diagnóstico correcto de las causas por las que se inició el deterioro, y los factores que han influido en su propagación hasta llegar al estado actual, resulta fundamental cuando se pretende una reparación duradera.

Una metodología general para garantizar una solución duradera de los problemas patológicos en las edificaciones se debe basar en la consideración de tres aspectos fundamentales:

- Desempeño intrínseco del material o sistema de reparación.
- Tensiones en la interfase entre la reparación nueva y la parte reparada, ya sea esta de la estructura, de la cubierta o de la fachada y la parte antigua.
- Interferencia de un equilibrio físico-químico de la edificación existente, principalmente en las zonas próximas al sitio de la reparación.

La formulación del diagnóstico proporciona las pautas que permitirán decidir cómo se llevará a cabo la intervención. El conocimiento de los desajustes y de las patologías a partir de la realización de un informe técnico facilitará la elaboración del proyecto de puesta en valor del bien.

INTERVENCIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Las intervenciones se considerarán imprescindibles cuando su situación sea entendida como crítica. Está relacionada con escenarios que presenten riesgo y que afecten la seguridad, como posibles derrumbes, problemas estructurales que comprometan la estabilidad de la edificación, ingreso de agua, fisuras, grietas, etc. Se considerarán necesarias, cuando se trate de patologías que afecten el funcionamiento de los sistemas constitutivos de esta como pueden ser deformaciones estructurales, roturas en cubiertas,

etc. Las intervenciones que serán propuestas como convenientes, están relacionadas con las demás problemáticas, incluyendo el aspecto estético.

Construir un proyecto de intervención integral para poner en valor una edificación o sitio, es un proceso que incluye una serie de acciones concretas que deben llevarse a cabo con la intención de precisar sobre qué se desea intervenir y cómo se piensa hacerlo, tomando como premisa que su carácter integral favorecerá el poder abordar el problema en su totalidad, permitiendo así, a posteriori, una posible división de las intervenciones en etapas, pero que a su vez, forman parte de un todo.

La formulación del proyecto de intervención se hace a partir del programa de necesidades, con el conocimiento histórico y técnico obtenido de la edificación, el cual facilitará la toma de decisiones y la elaboración de los lineamientos del proyecto. En todo caso este deberá ser encarado desde un equipo interdisciplinario, aprovechar al máximo toda la información recogida en las etapas anteriores y ponerlas al servicio del conocimiento y la pericia de los profesionales que participan en este proceso.

La intervención de la edificación es una operación de cuidado que requiere de conocimiento del asunto, de sus implicaciones funcionales, estéticas, estructurales y sociales. Para que esta sea durable, en esta etapa se deberá preparar toda la documentación de obra constituida por planos generales, de construcción, detalles constructivos, planillas de estructuras, de carpinterías, planos de instalaciones, etc., que acompañarán luego al pliego de especificaciones técnicas.

El pliego de especificaciones técnicas es el documento que hace referencia, por un lado, a las disposiciones de carácter general para la definición y ejecución de los diferentes rubros involucrados en la obra que se va a ejecutar, ya sean de arquitectura o de ingeniería; y, por otro, se complementa con la memoria descriptiva del proyecto, las especificaciones técnicas particulares de la obra, la documentación gráfica y memorias descriptivas que forman parte de la documentación; y, finalmente, con el cómputo y presupuesto que servirá de base para poder cotizar las tareas que es necesario realizar. Todo esto conforma la documentación que será entregada en el momento de la licitación, para que las diferentes empresas constructoras presupuesten los trabajos.

En construcción, generalmente, no hay una solución única o, lo que es lo mismo, no hay una sola forma de reparar. Por ello, es posible que se puedan proponer varias soluciones al problema, indicando las razones de las preferencias en las formas propuestas. Todas estas soluciones han de estar basadas en criterios técnicos, estéticos y económicos. En algunos casos, es posible que el aspecto técnico sea el que adquiere prioridad, teniendo que

admitir unos costos determinados e incluso cierto sacrificio de los factores estéticos de la edificación. En otros casos puede que el factor económico sea el que impone su prioridad, manteniendo las garantías de validez de la solución y, por último, puede haber casos en los que es el factor estético el que hay que respetar, a pesar de que existan soluciones técnicas más económicas.

Cuando se evidencian daños o fallas en la edificación, dependiendo de su grado, se determina realizar acciones que van desde la refacción a la reparación, implicando siempre acciones de protección. Como complemento a la solución, en los casos en que los daños, por sus características, hagan inviables las anteriores, hay que recurrir a acciones de renovación, reconstrucción, rehabilitación o restauración.

Para mayor claridad en el uso de los términos, a continuación se definen:

- a. **Refacción:** Se realiza para corregir defectos menores, mediante retoques o ajustes que no implican intervenciones sustanciales, uso significativo de materiales, conocimientos especializados; por ejemplo, resane de pinturas o arreglo de herrajes.
- b. **Reparación:** Según el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 2008) *reparación* significa: “Acción o efecto de reparar cosas materiales mal hechas o estropeadas”. En construcción, es la acción o efecto de reparar un elemento constructivo o conjunto de ellos, defectuosos, por mal diseño, mala ejecución, mal uso o que sufren alguna lesión o proceso patológico; es decir, cualquier actuación que implique recuperar o mejorar su integridad y funcionalidad constructiva. Implica la ejecución de trabajos que exigen de conocimientos y destrezas para rectificar, reprocesar o reemplazar algunas partes, secciones, materiales o componentes deteriorados.



Fotografías de referencia

Fuente: Curso Patología de la Construcción.

- c. **Renovación:** Cuando por razones de orden técnico o económico no sea posible o recomendable reparar ciertos daños, se justifica su reemplazo, por ejemplo baldosas discontinuadas, interruptores dañados, etc.
- d. **Reconstrucción:** Volver a construir las partes destruidas de un edificio, basándose en la existencia de restos o fuentes documentales, o en circunstancias históricas.
- e. **Recuperación:** Actuación directa o indirecta sobre una edificación para detener su deterioro o restablecer su funcionalidad.
- f. **Restitución:** Restablecimiento de los valores, prestaciones o propiedades perdidas.
- g. **Rehabilitación:** Término derivado del latín *riabilitare*, compuesto del prefijo *ri* (de nuevo) y del verbo *abilitare* (habilitar)... Según el DRAE (2008), *rehabilitar* es: “Habilitar de nuevo o restituir una persona o cosa a su antiguo estado”. Etimológicamente, recuperar una “habilidad”.



Fotografía de referencia

Fuente: Ing. Harold Cárdenas. Escuela de Ingeniería Civil
y Geomática, Universidad del Valle.

En este sentido se puede aceptar que la “habilidad” principal en una edificación es la habitabilidad de los espacios, como característica más específica de la arquitectura. Evidentemente, dicha habilidad necesita su recuperación cuando ha sufrido detrimento o la habitabilidad ha quedado obsoleta, o se prevé un cambio de uso que le afecta, como exigencia básica para seguir en uso (funcionalidad). En síntesis,

rehabilitación es la recuperación o modificación de la habitabilidad de una edificación o parte de ella, tenga o no un valor histórico o artístico dado. Intervención en una edificación dirigida a mejorar su funcionalidad o a recuperarla, con el fin de ponerla de nuevo en uso o de adaptarlo a un uso distinto del original.

- h. Restauración:** Según el DRAE (2008), *restauración* significa: “Reparación, reposición, recobro, restablecimiento de una cosa”. Más adelante apunta que: “En arquitectura, [...] restaurar es volver a construir en un edificio antiguo las partes arruinadas o a punto de arruinarse, en el mismo estilo original”, y especifica que: “El problema, así concebido, no fue planteado hasta el segundo tercio del siglo XIX, en el cual, el profundo estudio de los estilos antiguos y medievales permitió a los arquitectos contemporáneos adueñarse relativamente del espíritu y técnicas de los antiguos”. Intervención que tiene por objeto la recuperación de un bien de interés cultural manteniendo sus valores. En este sentido, pues, la restauración implica la conservación del estilo y de las técnicas originales. Restauración es la recuperación del valor histórico o artístico de un objeto (pintura, escultura, arquitectura), su aspecto y constitución originales.

En los ocho tipos de intervención analizados el concepto básico es el de recuperar el estado de algo, lo que aclara la incidencia de cada uno de ellos en la intervención a la cual será sometida la edificación.

Después de tener claro el diagnóstico se debe diseñar el proceso de intervención en la edificación, basándose en el conocimiento exacto de las causas que han provocado el daño y que deben evitarse tras la reparación. Para determinar estas acciones es necesario diseñar el procedimiento y los medios, para lo cual se parte de un análisis de la información obtenida mediante la inspección y las alternativas posibles (Figuras 4.3 y 4.4).

Una metodología completa de intervención implica varios pasos por seguir; estos deberían ser:

- Dictamen sobre el deterioro, lo que supone una valoración minuciosa de la edificación, de sus diferentes elementos y partes, incluyendo las causas del daño, grado y extensión del mismo y estimación del efecto del daño en el comportamiento de la edificación.
- Elección del procedimiento de intervención que se debe seguir, cuyos principales aspectos por considerar serían: las consecuencias del daño, estimación del tiempo más adecuado para efectuar la intervención, los aspectos económicos (mejor costo para garantizar una

solución efectiva) y la estimación de la vida residual de la edificación (Figura 4.5).

- Diseño del método de reparación seleccionado y elección de los materiales idóneos.
- Ejecución de la reparación.
- Mantenimiento de la reparación. Toda reparación precisa, a posteriori, de un control continuo para conocer la efectividad de la misma, incluyendo inspecciones, ensayos y si es necesario reparaciones parciales ante posibles fallos imprevistos.

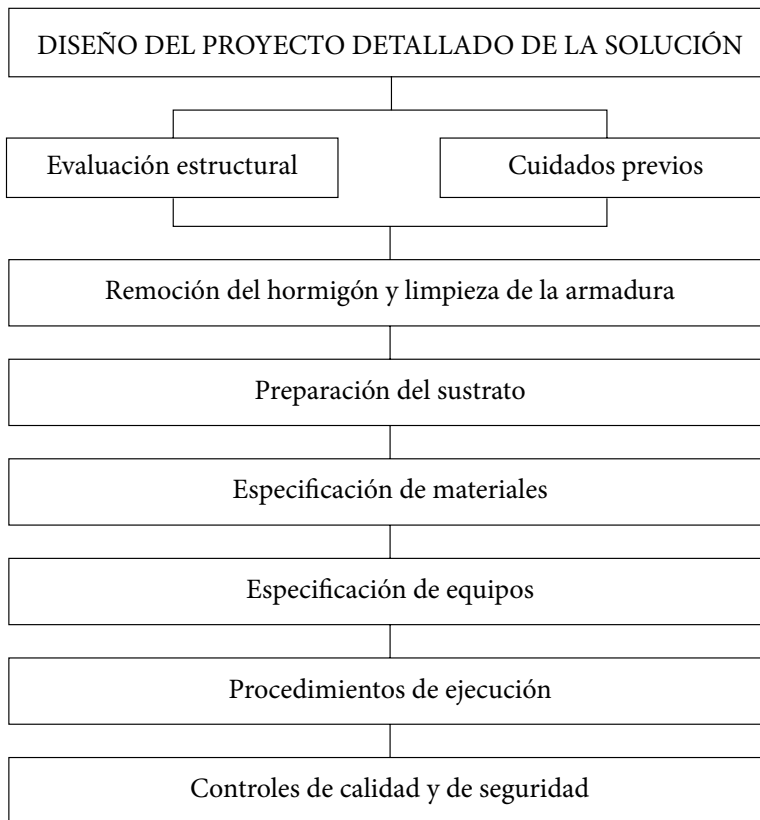


Figura 4.3. Etapas o partes que constituyen un diseño detallado de la solución de un problema patológico en estructuras de concreto u hormigón

Fuente: CYTED (1998).

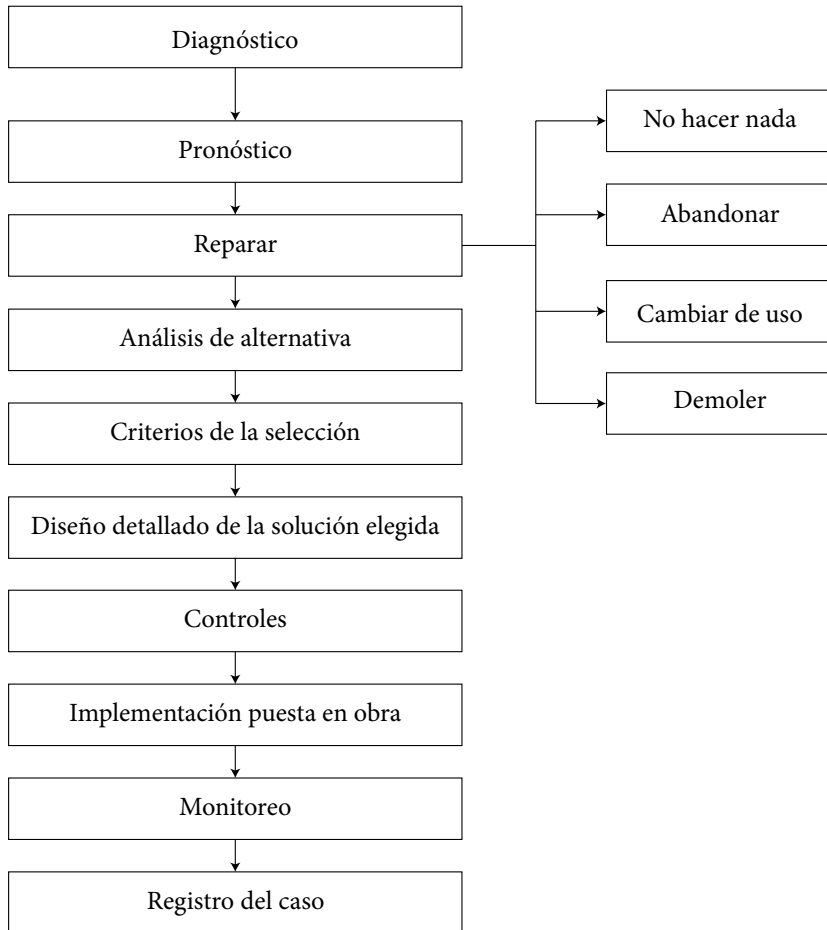


Figura 4.4. Pasos que se deben seguir para la reparación de la edificación

Fuente: CYTED (1998).

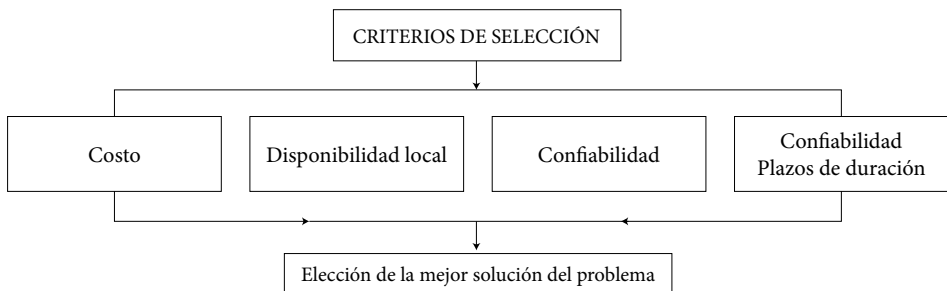


Figura 4.5. Criterio de selección de la alternativa más conveniente en una situación específica

Fuente: CYTED (1998).

EL ESTUDIO PATOLÓGICO

En los países de nuestro entorno no existe una política de conservación de las edificaciones, salvo raras excepciones. Dicha política debería incluir labores periódicas de inspección, diagnóstico, mantenimiento y consolidación de las mismas. En la mayor parte de estas no se lleva un archivo documental de su ejecución o de las obras realizadas posteriormente, lo que dificulta cualquier tipo de intervención.

Igualmente, la prevención de lesiones o daños en las edificaciones debe ser considerada en su concepción y construcción. Solo en los últimos años se ha empezado a incluir en las fases de proyecto y ejecución aspectos relacionados con la durabilidad y la conservación de las obras.

Esta forma de proceder conduce sin duda a un aumento del costo de mantenimiento de las edificaciones, al realizarse la mayor parte de las intervenciones en situaciones extremas que exigen la reparación o el reforzamiento casi total de la estructura.

En efecto, las edificaciones ya construidas resultan a menudo una auténtica “caja negra” de la que es difícil y costoso obtener información. En la realización del estudio patológico previo a la intervención usualmente faltan planos de arquitectura y de ingeniería fidedignos o testigos de cómo realmente fueron ejecutadas las obras, lo que genera incertidumbre en el diagnóstico de su estado y la determinación de sus problemas patológicos; por lo tanto, no es posible llegar a resultados concluyentes que lo permitan, haciéndose necesario, por ejemplo, ante la falta de planos estructurales, la definición o comprobación in situ de su geometría, secciones, despieces, refuerzos o la calidad de los materiales utilizados.

En la última década, de las simples acciones de mantenimiento que se limitaban a la reparación, se ha dado paso al reforzamiento, la rehabilitación y restauración de edificaciones, hecho que viene creciendo debido a las exigencias contenidas en la NSR-10. En los países desarrollados, el costo de las intervenciones sobre edificaciones existentes está próximo a alcanzar el 50% de la inversión total.

Sin embargo, pese al crecimiento de las intervenciones sobre edificaciones, y al considerable alcance que dentro de las mismas presentan las actuaciones sobre la estructura, existe carencia de modelos y criterios racionales para el refuerzo, reparación, diagnóstico o evaluación de la capacidad “residual” de estas. A pesar de los avances realizados en el contexto latinoamericano en los últimos años, se sigue evidenciando un desbalance entre los procesos de concepción, diseño y cálculo de las estructuras de edificaciones nuevas y las actuaciones equivalentes en edificaciones construidas.

La condición indispensable para iniciar un estudio de patología de la construcción es la manifestación de alteraciones y daños visibles en una edificación, por lo que el fin del estudio patológico debiera ser la intervención de las edificaciones y hacia ese fin se establecerían los procesos de reconocimiento e identificación de las lesiones, el diagnóstico, las propuestas de técnicas de reparación y por último el correspondiente a la aplicación de estas técnicas, o sea la intervención. Estos procesos suelen tener como resultado, en unos casos, informes previos a la redacción de proyectos de reparación de las patologías y en otros la redacción directa de los proyectos de reparación.

El informe de patología puede ser de doble vía; de un lado, recoger la opinión de un experto respecto a la patología objeto del informe, el origen de la misma, así como su técnica de reparación, como mínimo. De otro lado, identificar y determinar las responsabilidades de los agentes de la edificación que pudieran derivarse del origen de la patología, para individualizarlas de acuerdo con el marco legal.

En el libro *Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto*, de Paulo Helene y Fernanda Pereira (2007), se establecen cinco etapas o períodos que se dan en cualquier proceso de producción de obras de edificación o de obras civiles y se las relaciona con el porcentaje de patologías que se presentan en estas y que son producto de errores originados en cada una de ellas (Tabla 5.1).

Se observa en la etapa de diseño del proyecto el mayor porcentaje de errores, los cuales posteriormente originarán patologías. Si esta información se cruza con la curva de la denominada Ley de Sitter (Figura 5.1), también citada en el libro de Helene y Pereira (2007), se establece la relación entre el tiempo o edad de la construcción y los costos de reparación de una patología.

Tabla 5.1. Proceso de producción de obras de edificación

Etapas o períodos	% Patología
Planeamiento	4%
Diseño del proyecto	40%
Fabricación de los materiales	18%
Ejecución de la obra	28%
Funcionamiento o uso	10%

Fuente: elaboración propia.

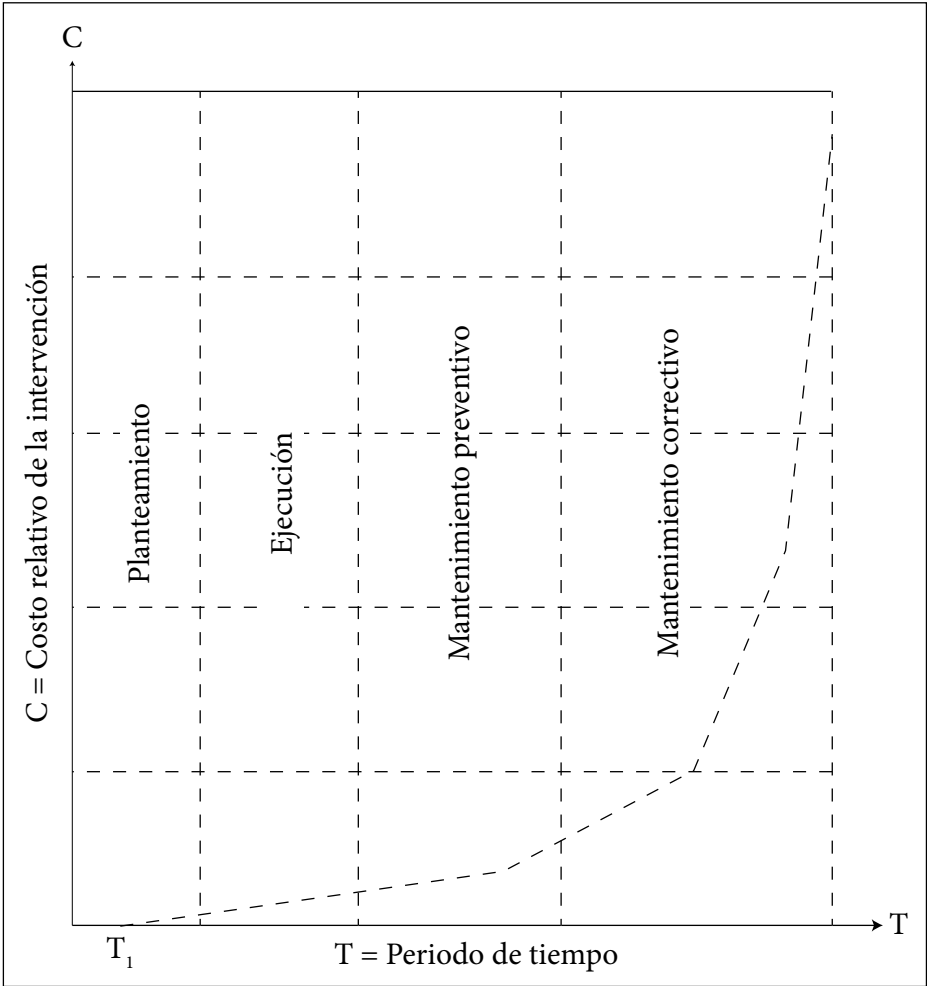


Figura 5.1. Ley de Sitter

Fuente: tomada y adaptada de Helene y Pereira, 2007.

En el estudio de la representación gráfica o curva de dicha ley se establece que una intervención de reparación en la etapa de funcionamiento o uso de la edificación tiene un costo 125 veces mayor al que le correspondería en la etapa de diseño del proyecto.

El estudio de los procesos patológicos, y en especial el de sus causas, permite establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de procesos similares, ya sea en la misma edificación o en otras que se construyan y, por ende, los costos que se originan en su corrección, sean estas acciones de reparación, rehabilitación o restauración. Esto es lo que se suele denominar como *patología preventiva*, la cual considera la eliminación (o la máxima disminución posible) de las denominadas causas indirectas, que están presentes en las fases previas al uso de la edificación (planeación-proyecto y ejecución-construcción) y también durante su vida útil (funcionamiento, administración y mantenimiento).

El profesional que asesore a los constructores y usuarios de las edificaciones, investigando acerca de los daños ocasionados por los vicios ocultos, fallos y defectos de ejecución de las obras, debe saber que, en muchos casos, establecer la sintomatología de una edificación enferma no es tarea fácil y puede llegar a constituir una labor larga y de verdadero rastreo. Igualmente debe saber que a pesar de un correcto diagnóstico —del cual esté convencido de las causas y las lesiones—, realizar la reparación puede tener o no sentido, y por lo tanto ofrecer alguna o ninguna garantía.

El procedimiento para desarrollar la evaluación de una edificación está en función del tipo de obras que se hayan de realizar y estas son consecuencia de dos causas principales: la primera, la reparación de estados patológicos, lesiones, degradaciones, etc.; y, la segunda, la adecuación estructural o funcional, según sea el uso previsto de la edificación. En las edificaciones protegidas o reconocidas como patrimonio puede ser frecuente la concurrencia de ambas causas.

a. Evaluación de estados patológicos. Las obras que se van a realizar tienen como objetivo reparar, hasta donde sea posible, lesiones o deficiencias, que pueden ser de dos tipos:

- Estructurales, grietas, desplomes, etc.
- No estructurales, humedades.

Generalmente, dado un caso concreto, no se conocen con certeza sus causas ni el tipo de obras necesarias para subsanarlas.

Las carencias en el cumplimiento de la normativa de seguridad, como el caso de incendio, seguridad de utilización o las carencias respecto al ruido, no generan lesiones o degradaciones físicas.

b. Evaluación para la adecuación estructural o funcional. Las obras son consecuencia de alguna de las siguientes razones:

- La inspección preventiva de la edificación. Antes de realizarla no se conocen ni las posibles carencias ni tampoco las obras que se deben ejecutar.
- Un aumento de la exigencia de seguridad o habitabilidad de los usuarios o bien en la mejora de la accesibilidad. En estos casos es preciso considerar si las obras o acciones de intervención, que en general son conocidas, afectan a la edificación, ya sea esta patrimonial o no; por ejemplo, una rampa adosada a la fachada, que mejore la accesibilidad, puede incrementar la humedad por capilaridad.
- Cambio de uso parcial o total de la edificación. Las obras básicas que se deben realizar pueden ser conocidas, pero no su repercusión; pueden cambiar las condiciones de humedad ambiente o los nuevos elementos pueden afectar estructuralmente a los antiguos que se conservarán, etc.
- En el caso de una edificación histórica, la apertura al público para su visita puede presentar diversas incógnitas, especialmente desde la seguridad, bien sea estructural, de incendios o de utilización. Se desconocen también las carencias y las obras que se deben realizar.

Como ocurre ante cualquier comportamiento anormal del cuerpo humano, cuanto antes se realice la consulta a un médico, mejor, no solo para que el profesional pueda estudiar la evolución de una anomalía que recién aparece y así llegar a un diagnóstico correcto, sino que además la consulta inmediata habitualmente deriva en terapias menos complejas o invasivas.

Lo mismo sucede con las patologías en la edificación: una consulta inmediata a un especialista ante la aparición de las primeras lesiones favorecerá el diagnóstico ya que facilitará estudiar la evolución del fenómeno y asociarlo a otras acciones, con lo cual se podrá llegar a un resultado más preciso e inmediato; permitirá actuar rápidamente en otras direcciones si fuera necesario, ya sea sobre los efectos o para evitar efectos colaterales de la patología emergente; reducirá el costo de la reparación, ya que una vez identificadas las causas, su eliminación impedirá que el daño avance, disminuyendo así el precio de la refacción o reparación de la zona afectada.

La realización de un análisis patológico previo, que asegure un diagnóstico preciso y que permita conocer el fenómeno regresivo que está ocurriendo, junto con la eliminación de las causas que provocaron el proceso patológico y la reparación de la lesión, verdadero síntoma del proceso patológico, resulta necesario para garantizar la vida útil de la edificación.

La condición inicial para iniciar un estudio de patología de la construcción es un diagnóstico, que permita conocer las causas que originaron el proceso patológico, su evolución, los mecanismos de actuación, los posibles tratamientos, etc. El diagnóstico en las edificaciones es fundamental para cualquier intervención constructiva que se desee realizar, ya sea de reparación, conservación, rehabilitación o restauración. Si este se realiza de una forma ordenada y sistemática se pueden frenar y corregir las lesiones que presenta.

El estudio patológico comprende un proceso que a partir de un diagnóstico del problema establece los mecanismos para devolverle a la unidad constructiva la funcionalidad original requerida.

Para afrontar un problema constructivo se debe ante todo conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado. Este conjunto de aspectos es el que conforma el proceso patológico en cuestión y se agrupa de un modo secuencial.

En esta secuencia temporal del proceso patológico se pueden distinguir tres partes claramente diferenciadas; el origen, la evolución y el resultado final. Para el estudio del proceso patológico conviene recorrer esta secuencia de modo inverso, es decir, empezar por observar el resultado de la lesión, deterioro o falla, luego el síntoma, para, siguiendo la evolución de la misma, llegar a su origen: la causa (Figura 5.2).



Figura 5.2. Proceso patológico vs. estudio patológico

Fuente: elaboración propia.

Este proceso permitirá establecer tanto la estrategia de la reparación como la hipótesis de la prevención. Dependiendo de la situación, así mismo será la complejidad de la reparación, la cual implica la recuperación de toda la edificación o de una de sus partes para devolverles sus características y funciones principales por medio de intervenciones sobre los elementos que las han perdido o han sufrido deterioro en su integridad o aspecto.

Para actuar sobre estos elementos constructivos, además de los estudios históricos previos, es fundamental considerar la edificación en cuestión como un objeto físico, compuesto por partes (componentes, elementos), con unas características geométricas, mecánicas, físicas y químicas determinadas y que pueden sufrir procesos lesivos o patológicos.

Este análisis de la situación se reconoce como el proceso de diagnóstico, el cual comienza inevitablemente por una etapa previa de recolección de información. Dentro de esta etapa tiene especial importancia la inspección de la edificación o parte afectada que, dependiendo de los casos, exige una o varias visitas.

En el caso de las obras de edificación y las obras civiles se puede actuar de manera similar a como actúan los médicos y seguir los pasos que habitualmente realizan en el avance de los estudios de una enfermedad. A continuación se hace una propuesta metodológica que comprende cuatro fases secuenciales que facilitan la elaboración de un estudio patológico, que son: Reconocimiento, diagnóstico, propuesta de actuación (tratamiento) e intervención (Figura 5.3).

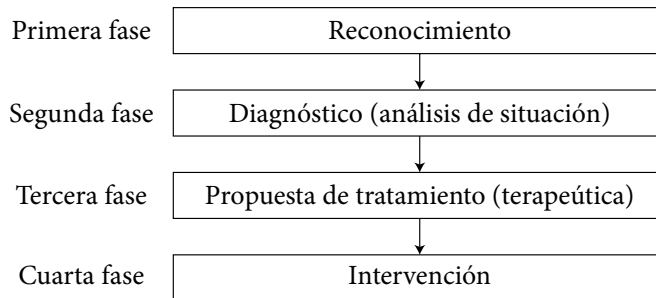


Figura 5.3. Fases del estudio patológico

Fuente: elaboración propia.

PRIMERA FASE: RECONOCIMIENTO

El objetivo de esta fase del estudio es la identificación y el conocimiento del problema, comprende la inspección previa o preliminar, la recopilación, la sistematización y la clasificación de la información, y la inspección mediante técnicas instrumentales (Figuras 5.4 y 5.5).

Inspección previa

La inspección previa está orientada a conocer en detalle la edificación objeto de la intervención; es decir, “comprenderla y caracterizarla”. La inspección

constituye un importante procedimiento de exploración, para lo cual es necesario un conocimiento amplio de la edificación, su tipología y el sistema constructivo, para hacer una buena interpretación de las evidencias y hallazgos.

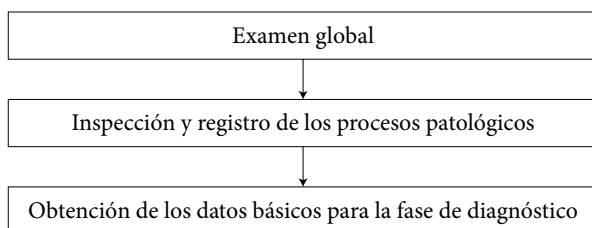


Figura 5.4. Etapas de la fase de reconocimiento

Fuente: elaboración propia.

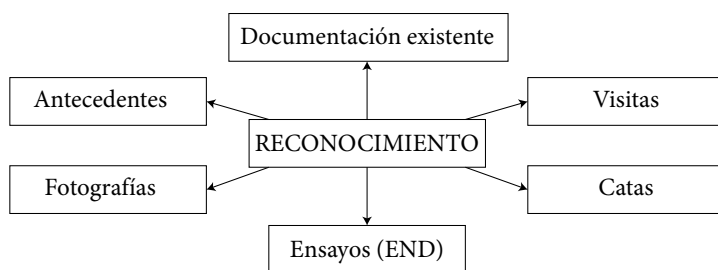


Figura 5.5. Factores de reconocimiento

Fuente: elaboración propia.

Para garantizar la conservación de las edificaciones, la cual es responsabilidad de los propietarios o usuarios o de los administradores, es recomendable realizar una inspección técnica que acredite el estado de sus condiciones de seguridad, estabilidad, estanqueidad y consolidación estructural, así como las de habitabilidad, las que han de mantenerse en función de su uso o destino, según lo establecido en el POT o en la normativa urbanística ya sea por ordenanza o por acuerdo municipal. El incumplimiento de cualquiera de ellas atenta contra su vida útil o de servicio.

Las condiciones relativas a la seguridad constructiva son las siguientes:

- a. Seguridad, estabilidad y consolidación estructural, de tal forma que no se produzcan en la edificación o partes de la misma daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, las losas o los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales que comprometan directamente la resistencia mecánica y su estabilidad.

- b. Seguridad y estabilidad en sus elementos constructivos cuyo deficiente estado suponga un riesgo para la seguridad de las personas, tales como chimeneas, barandillas, cielos falsos, cornisas, aplacados y elementos ornamentales o de acabado, en particular si pueden caer en la vía pública.
- c. Estanqueidad frente al agua, evitando filtraciones a través de la fachada, cubierta o del terreno, en particular si estas afectan la habitabilidad o el uso de la edificación o puedan ser causa de la falta de seguridad descrita en los dos puntos anteriores.
- d. Estanqueidad y buen funcionamiento de las redes generales de acueducto y alcantarillado, de forma que no se produzcan fugas que afecten la habitabilidad o el uso de la edificación o puedan ser causa de la falta de seguridad descrita en los dos puntos anteriores.
- e. El cumplimiento de las condiciones establecidas en los literales anteriores supondrá que la edificación reúne los requisitos de habitabilidad y uso exigibles en la inspección.

La inspección se configura como una medida de control de la conservación, que tiene como finalidad el conocimiento de las deficiencias existentes y de las medidas recomendadas para acometer las actuaciones necesarias para su corrección.

Los métodos de inspección, según el nivel de conocimientos y experiencia profesional del que la realiza, conjuntamente con la complejidad del proceso patológico, se pueden clasificar en documental, sensorial y técnico. En algunos casos, los menos complejos, podrá efectuarse la inspección únicamente de modo sensorial, aunque es aconsejable que se empleen los tres métodos.

Los métodos documentales son aquellos que facilitan información escrita o gráfica sobre la edificación (materiales empleados, fecha de construcción, sistema constructivo, reformas parciales o totales, etc.), tales como tratados de construcción, normativa de la época, expedientes de licencia y otros.

Respecto a los métodos sensoriales, que, por otra parte, son los más comúnmente utilizados, es obligado efectuar la siguiente apreciación: es obvio que los sentidos se utilizan siempre al hacer una inspección, por lo que parece ilógico que el profesional o el técnico especifique que se han utilizado estos métodos, que consisten en servirse de los sentidos de la vista, el tacto, el oído, el gusto y el olfato, para determinar ciertas lesiones como:

- Deformaciones.
- Fisuras.

- Grietas.
- Roturas.
- Decoloraciones.
- Descomposición de materiales.
- Humedades.
- Oquedades.
- Existencia de insectos.
- Escorrentías de agua.

Los métodos técnicos pueden ser varios, también en función de la complejidad patológica con que se encuentre el profesional o el técnico que realiza la inspección, y se pueden clasificar en:

- Trabajos de campo.
- Trabajos de estudio.
- Trabajos de laboratorio.

Los trabajos de campo pueden englobar desde la fotografía, método habitualmente utilizado, hasta los que a continuación se exponen:

- Extracción de muestras.
- Calas.
- Catas.
- Testigos.
- Detección de gases.
- Sondeos.
- Video-robots.
- Rayos X.

Los trabajos de estudio y los de laboratorio consistirán, entre otros, en estudios geotécnicos, medición de deformaciones y cálculo estructural y ensayos de materiales.

Es conveniente que se analicen las interacciones producidas por patologías existentes en edificaciones colindantes y las condiciones en que se encuentran las redes de alcantarillado o de evacuación próximas a la edificación.

Para obtener buenos resultados en las visitas, deben planificarse previamente y seguir un orden lógico en las mismas. Estas se inician con la visita al sitio con el propósito de hacer un reconocimiento acerca del lote, su situación geográfica, sus condiciones climatológicas y las características de su entorno; la edificación, su estado y las posibles condiciones patológicas.

En relación con la región geográfica, conocer dónde se encuentra el lote, si es una zona marina, urbana, periurbana, rural, industrial; así como la climatología del lugar, para ir visualizando qué tipo de ambiente rodea la edificación, prever qué tipo de daños en esas circunstancias se presentan, por lo que se evaluará:

- La influencia del medio ambiente en la zona donde se encuentra ubicada la edificación objeto de estudio: Humedad relativa (rangos de ocurrencia, frecuencia y duración); temperatura (máxima, mínima); presión (precipitación, promedio anual de lluvias, velocidad máxima de vientos) (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Registro de información de la edificación y su entorno

Concepto	Atributos	Valores
Edificación	Años	Entero > 0
	Ciudad	Carácter
	Orientación	Norte/Sur/Este/Oeste
	Estado de aislamiento	Bueno/Regular/Malo
Entorno	Tipo de suelo	Recoso/Arenoso/Arcilloso/Calcáreo
	Humedad relativa media	(0 a 100%)
	Temperatura media	-20 a 50 °C
	Precipitación anual	0 a 100 mm
	Contaminación del aire por monóxido de carbono	Ppm (partes por millón)
Material	Tipo	Concreto/Ladrillo/Cemento
	Estado	Defectuoso/No defectuoso
	Calidad	Mala/Regular/Buena

Fuente: elaboración propia.

- La exposición a sustancias agresivas: Forma (líquida, sólida, gaseosa); tipo de contacto con agua u otras sustancias (inmersión, escorrentía, vapor, otros); tipo de agua presente (ácida, salada); frecuencia y duración de la exposición; condiciones de exposición (particulares o especiales).

En relación con las características del entorno, la inspección se empieza con la observación del exterior inmediato de la edificación:

- La existencia de movimientos de tierras, laderas inestables, flujos importantes de agua, etc., y el entorno construido medianero o próximo (tipo de construcciones, estado de las mismas, etc.).

En relación con la edificación, se inspeccionará sistemáticamente el interior: El tipo de estructura portante (muros, pórticos o entramados, losas

o forjados); tipos de cerramientos de fachada y cubierta; las redes de servicio: acueducto, alcantarillado, eléctricas y comunicaciones, gas; el nivel general de mantenimiento y el estado de la construcción.

En cuanto al estado de la construcción debe llevarse a cabo una inspección y registro sistemático de los procesos patológicos existentes. El material gráfico (fotos y croquis) obtenido en las diferentes visitas resulta siempre, a posteriori, muy útil, permitiendo un estudio detallado de aspectos que es difícil considerar in situ y la relación de diferentes imágenes entre sí. Además, las fotografías se utilizarán al redactar el informe técnico del estudio, al ser pruebas evidentes de los daños y de los diferentes elementos que se van describiendo en el mismo.

A continuación se señalan algunas características de las inspecciones:

- Una inspección no es un seguro. En efecto, una inspección permite asegurar únicamente que no se detectan síntomas que indiquen la existencia de deterioros inminentes. No predice la evolución futura, aunque, lógicamente, si no existen síntomas de daños se infiere que, en condiciones normales, estos tardarán en aparecer.
- Una inspección se basa en un trabajo sistemático. La base del éxito de una inspección es su carácter de ser sistemática. Esta característica se examinará más adelante, debe ser cuidadosa y desarrollada a partir de la experiencia.
- Una inspección no es un informe patológico.

Una inspección se basa en tres pilares: la obtención de información de manera sistemática, las herramientas o instrumentos empleados y el tiempo utilizado en su recolección. La forma sistemática de generar información y conocimiento permite asegurar la calidad de la inspección, evitando olvidos, descuidos e irregularidades entre unos trabajos y otros. Las herramientas empleadas están en relación con los daños observados en las primeras etapas de la misma, ya que no se justifica el uso de herramientas y métodos demasiado costosos si no se detectan daños que lo justifiquen. Por último, el tiempo empleado en el trabajo debe ser el suficiente como para garantizar que este sea completo y de calidad. El tiempo puede ser medido de acuerdo con la experiencia, ya que cuanto más amplia sea esta, menor será el tiempo de inspección. En cualquier caso, este tiempo no puede ser reducido sensiblemente, ya que existe un límite inferior que será necesario respetar.

La primera actividad es hacer un examen visual de la edificación para identificar su estado, lesiones y determinar el alcance de las lesiones o daños. El reconocimiento in situ de esta es fundamental para establecer las primeras hipótesis sobre la naturaleza y consecuencias de los deterioros, así

como para definir un primer plan de investigación. En casos extremos, con base en este primer examen, puede ser necesario adoptar medidas urgentes, como evacuación, apuntalamiento, apeo o descarga de la edificación.

Preguntas habituales en las visitas de reconocimiento e inspección:

Las visitas de reconocimiento se han de orientar a la formulación de una serie de preguntas, a las que se ha de dar respuesta:

- ¿Qué se busca?: Lesiones, daños, deficiencias...
- ¿Dónde se busca?: En todas partes, en los elementos, componentes y en toda la superficie.
- ¿Cómo se busca?: Mirando, tocando, extrayendo muestras, realizando pruebas y ensayos...

El paso del tiempo puede afectar las funciones que cumple cada una de las partes y elementos de la edificación, alterar su comportamiento general y ocasionar problemas a otras partes y elementos de la misma.

Se entiende por **lesión** cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo, aunque en rigor esta definición corresponde con la sintomatología de lesión. La determinación de la causa y gravedad de una lesión siempre será una decisión subjetiva del profesional o del técnico, que variará en función de sus conocimientos y experiencia.

En la recopilación de información relativa a lesiones se debe hacer el levantamiento de un croquis que refleje la situación y el tipo de deterioros observados, así como la realización de un registro fotográfico que puede ser de gran utilidad en posteriores estudios. En caso de hundimiento, es importante recoger con exactitud la posición de los elementos caídos o descendidos.

Mediante la observación se detectará el efecto o daño en la edificación; la lesión o lesiones son síntomas de un proceso patológico y a partir de ellas se puede conocer el daño. Detectar la lesión en realidad suele ser el inicio del estudio; su identificación es la base para determinar los pasos que se deben seguir y el aislarla será objeto del análisis y seguimiento para confirmar su aspecto, así como el uso de técnicas instrumentales será la manera de establecer sus condiciones reales, lo que permitirá definir el método de intervención.

El levantamiento de deterioros tiene como objetivo la búsqueda de lesiones que se manifiesten como síntomas del proceso patológico, a partir de las cuales se puede conocer dicho proceso. Se debe realizar el levantamiento de los daños por espacios, lo que implicará un número reiterado de visitas a la edificación; es fundamental el empleo de cámara fotográfica digital para plasmar gráficamente las lesiones en el momento del inventario; de este modo, se podrá obtener una serie de datos físicos que facilitarán la comprensión del proceso patológico.

Es evidente que en estos reconocimientos es muy útil la toma de fotografías de todo lo que se vaya observando. Las cámaras digitales permiten un registro de imágenes sencillo e inmediato, de calidad aceptable y a un coste reducido; son, por lo tanto, un arma potente para estudiar los defectos de las construcciones y se constituyen en una “memoria adicional” de los técnicos que realizan el estudio previo.

Se obtendrán datos tales como: el tipo de lesión, la descripción, las posibles causas, los materiales afectados, los elementos constructivos dañados y la localización de las lesiones en el inmueble.

Esta identificación de datos se llevará a cabo mediante una doble toma de datos:

- Una toma de datos objetivos, en la que se recojan los correspondientes al aspecto de la patología objeto de análisis.
- Una toma de datos de diagnóstico, en la que se recojan los resultados de las pruebas de diagnóstico que se hagan en la visita.

A partir de esta información se confeccionarán fichas técnicas y planos correspondientes a cada deterioro o daño detectado. En ellas se reflejará el nombre de la lesión, la imagen, la ubicación en planos referenciados con ejes, la descripción, las posibles causas, tratamientos y observaciones de cada una. En los planos se recogerá toda la información obtenida en las etapas anteriores, se registrará el levantamiento planimétrico, altimétrico y volumétrico de la edificación analizada.

Para el registro de la información se procederá de acuerdo con el siguiente criterio:

- Asignación de un número de referencia: A cada lesión o daño se le asignará un número o un código, el cual debe corresponder al tipo de lesión, para su posterior identificación.
- Localización de la lesión: En la ficha se describirá el daño a que se refiere y su situación exacta. Para los daños en los que tenga interés la localización gráfica, está también se consignará en los planos.
- Identificación exacta del daño: En la ficha se describirá con precisión en qué consiste el daño.
- Avance de diagnóstico o prediagnóstico: Tras realizar las pruebas de campo con el instrumental de que se disponga, se hará un avance de diagnóstico de acuerdo con el resultado de las pruebas realizadas.
- Determinar la necesidad de una intervención inmediata: Se define si es preciso apuntalar o bien desalojar, según la ficha del reportaje fotográfico y la localización de la lesión (restaurar los niveles, accesos, elementos afectados, etc.).

- Se hará un avance de la medición de las unidades de obra precisas para su reparación: Habrá veces en que la medición sea completa y otras en las que tan solo se lleve a efecto de los daños que se observan de forma inmediata.

En el registro de información es conveniente incluir un ítem de observaciones, para consignar información adicional que pueda ser útil para el diagnóstico. En caso de encontrar situaciones graves, la primera inspección puede servir para localizar errores importantes en la concepción, dimensionamiento, diseño de detalles o ejecución de la estructura o bien en el uso o mantenimiento de la edificación que justifiquen los daños observados u orienten la investigación en un determinado sentido.

Esta primera fase concluye con un primer estudio de la documentación recogida que generalmente condiciona la estrategia del resto de la investigación. Es importante no descartar inicialmente un buen número de hipótesis, haciendo recaer un peso excesivo en esta fase inicial. Como ya se ha indicado, en circunstancias extremas, de esta puede derivarse la adopción de medidas urgentes (desalojo, apuntalamiento, refuerzo inmediato, etc.). También, en ciertos casos, de la información inicialmente recogida puede derivarse la realización de catas, mediciones, ensayos o pruebas que se consideren esenciales.

Para la visita a la edificación se debe ir provistos de instrumentos, herramientas y material que sirvan para la toma de datos y permitan realizar el diagnóstico. La cantidad de estos dependerá de las condiciones de la edificación, la urgencia del diagnóstico, el personal necesario para la toma de datos, dado que las pruebas en general deben ceñirse a aquellas que se puedan aplicar directamente y no revistan complejidad, dejando cualquier otro tipo de prueba para realizarla de forma complementaria, asistidos por el personal de laboratorio, o por obreros de la construcción que descubran las zonas que son objeto de análisis y vuelvan a construirlas. De acuerdo con lo anterior, se consideran como instrumentos, herramientas y material básico, los siguientes:

- Cámara fotográfica digital (en general, graduada a baja resolución) o de video.
- Metro. Cinta métrica o distanciómetro.
- Calibre digital.
- Brújula.
- Medidor láser de precisión.
- Equipos de nivelación. Nivel pequeño y nivel largo para comprobar plomos.

- Linterna.
- Lupa.
- Binoculares.
- Grabadora.
- Frascos y bolsas con cierre hermético.
- Encendedor.
- Martillo.
- Cíncel.
- Destornillador.
- Escalera, andamio, etc.
- Plantilla para medir fisuras.
- Tacos de plástico autoadhesivos o clavos de encofrador.
- Elementos de seguridad y protección (casco, botas con puntera).
- Marcadores.
- Lápices de colores.
- Folios blancos en carpeta.
- Ficha de trabajo de campo.
- Planos de la edificación en tamaño reducido.

La inspección debe ser ordenada y metódica; la edificación debe ser observada como un todo, primero de apariencia general y en seguida revisar cada una de sus partes y su funcionamiento. Para su efecto se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Observación y percepción visual, olfativa, háptica (táctil) y auditiva directa.
- Examen físico y toma de datos constructivos y ambientales.
- Reconocimiento de los síntomas o evidencias y signos.
- Identificación y registro de la lesión o lesiones. Elaboración de cartografía.
- Formulación de hipótesis y elaboración de prediagnóstico o diagnóstico presuntivo. Fundamento del diagnóstico.
- Exposición de ideas para la formulación de un tratamiento sintomático. Plan que se debe seguir y determinación de pruebas auxiliares de diagnóstico.

Observación y percepción visual, olfativa, háptica (táctil) y auditiva directa

- La imagen es la primera percepción que se tiene al observar la edificación que es objeto de inspección. El ver, el mirar, el observar son tres niveles de la estimulación que conducen a la percepción plena.

Esta puede mostrar deterioro, lesiones o daños, descuido, falta de mantenimiento, entre otros. Losada (2008) dice que:

[...] el ver es la relación lumínica que se establece entre objeto, visión y cerebro y como tal es solo potestad del sentido de la vista. El mirar es dirigir la vista hacia algo que nos llama la atención y no es facultad privativa de la vista, ya que incorpora el sentido del movimiento motivado por la curiosidad. El observar se concreta cuando la vista y la mirada se ponen al servicio del conocimiento, la exploración o el análisis de algo; complementando todo esto con ingredientes del recuerdo, la emoción y la memoria. (p. 33)

- El hedor (mal olor, olor desagradable) es la sensación que se produce en el olfato a partir de ciertas emanaciones o la exhalación de un cuerpo. Lo olfativo no es un componente tan activo en la percepción de la edificación; es la segunda percepción que se tiene al acercarse o al ingresar a ella; por ejemplo, se puede sentir el olor a humedad que se concentra en los espacios que la conforman por efecto de penetración del agua procedente de diferentes fuentes y que no se evapora debido a la escasa circulación de aire (ventilación) y a la falta de iluminación y asoleamiento.
- Lo háptico (el tacto) es la tercera percepción que se tiene al entrar en contacto con la edificación y sentir el frío o el calor, ambientes invivibles y nada acogedores por efecto de la humedad o por la alta incidencia de los rayos solares e igualmente en la acción de tocar y sentir las texturas, la falta de continuidad de su superficie y las lesiones o daños presentes en estas. Losada (2008) agrega que:

[...] lo háptico, que designa el conjunto de impresiones no visuales, y no auditivas que se perciben a través del tacto. Nuestra piel es un extenso órgano sensor de los estímulos provenientes de la temperatura del aire, la humedad, las brisas y la palpabilidad de los objetos; la piel receptora e intérprete de lo háptico, es el más extenso de los sentidos del hombre. (p. 69)

- El oído es la cuarta percepción que se puede tener al entrar en contacto con la edificación, dado que la presencia de agua o de un líquido o la fuga de algún gas en las redes de instalaciones se puede oír al auscultarla. También se puede percibir si en algún elemento hay un vacío o está fofo al percutar su superficie y esta producir resonancia,

igualmente el sonido que se genera en la acción puede servir para detectar la presencia de líquido o si solo es masa, y su posible estado.

En el examen global de la edificación se toma contacto con esta y se seleccionan las zonas de las que se tomarán los datos, para de esta manera emitir conceptos y juicios mediante la observación y la percepción de las condiciones físicas de esta y apreciar su mundo físico y el que la rodea. En las diferentes visitas el “técnico, el profesional van reconociendo e identificándose con la edificación objeto de estudio”, madurando ideas, tomando nuevos datos y conociendo más detalles de la obra en cuestión.

La inspección técnica de las edificaciones hará referencia al examen físico y toma de datos de la edificación en su conjunto o de cada una de sus partes (Tabla 5.3), así:

- a. Estado de la estructura y la cimentación.
- b. Estado de las fachadas interiores, exteriores, medianeras y otros parámetros, en especial de los elementos que pudieran suponer un peligro para la vía pública, tales como petos de terrazas o placas, entre otros.
- c. Estado de conservación de cubiertas y azoteas.
- d. Estado de las redes generales de acueducto y alcantarillado de la edificación.

Tabla 5.3. Registro de información de una parte de la edificación

Concepto	Atributos	Valor
Estructura	Tipo	Muros/Vigas/Cimientos/Techos/Suelo
	Composición	Material
Lesión	Tipo	Física/Mecánica/Química
	Duración	En días, meses o años
	Gravedad	Grave/Severa/Moderada/Leve
	Ubicación	Estructura, Cerramiento, etc.
	Descripción	Carácter
Síntoma	Tipo	Manchas/Fisuras/Grietas/Desprendimientos/Goteras
Agente causal	Tipo	Antigüedad/Factores ambientales/Factores estructurales/ Uso no previsto/Materiales defectuosos

Fuente: elaboración propia.

Recopilación de información acerca de la edificación

A partir de la inspección previa y con el fin de avanzar en el proceso de diagnóstico es necesario recopilar información que permita recoger datos acerca del comportamiento de la edificación a lo largo de su vida. Aspectos tales como fecha y condiciones de ejecución, usos, daños previos, intervenciones de refuerzo o reparación, etc., deben ser investigados. Conviene

también estudiar la posible existencia de problemas semejantes en construcciones próximas. Así mismo, siempre que sea posible, se debe localizar la documentación de proyecto de la obra y la bitácora de construcción. Para este fin, en el Anexo 1 se encontrará una ficha para la recopilación de información.

Dependiendo de la edad de la edificación puede ser más difícil obtener información planimétrica; por lo tanto, es prudente determinar cuánto esfuerzo hay que dedicar a buscar esta información previa. La necesidad de información es muy variable en función del estado de la edificación. En todo caso, es aconsejable incluir siempre este paso en el método (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Lista de comprobación-información previa disponible

Información	Existente	Necesaria	Observaciones
Proyecto de la edificación: Memoria, planos y pliego de condiciones.			
Bitácora de construcción o libro de obra.			
Actas de recepción de obras.			
Notas de obra, actas e informes.			
Documentación existente en registros públicos (Planeación Municipal, Curaduría) • Proyecto • Licencia de construcción • Otros antecedentes			
Planos históricos de la ciudad			
Fotografías aéreas			

Fuente: elaboración propia.

En obras antiguas, de las que no se dispone información del proyecto ni se conocen los cambios que la construcción ha tenido en el transcurso del tiempo, resulta de interés la realización de catas que permitan al técnico y al profesional identificar los elementos resistentes que estructuran los pisos de la misma, poder medir sus dimensiones y caracterizar los materiales constituyentes. Conviene señalar que en la mayoría de las ocasiones los revestimientos de acabado de los techos o cielos ocultan totalmente cómo son las losas o forjados. En tales casos, es imprescindible dejar a la vista, parcialmente, estos elementos. En ocasiones puede ser conveniente llevar a cabo esta etapa con anterioridad a la primera visita a la edificación.

La recolección de información histórica y documental constituye los antecedentes de la edificación; es básica para la elaboración del diagnóstico presuntivo y su calidad permitirá determinar si se hacen o no pruebas y

ensayos pertinentes para la comprobación de la hipótesis. Con este fin se indaga, se recoge y se estudia documentación:

- Gráfica, planimétrica y fotográfica.
- Arquitectónica y constructiva: Tipología; tamaño; características de la edificación, aislada, entre medianeras, de conjunto; sistema constructivo, material/es predominante/s; detalles constructivos.
- Histórica: Edad, uso, cambios de uso, evolución y transformaciones de la edificación, historial de lesiones o estados patológicos, intervenciones de reparación, rehabilitación o restauración.

La edad de la edificación es una valiosa fuente de información, ya que permite estimar las técnicas y materiales empleados en su construcción. Son de particular interés las técnicas y materiales empleados en la estructura y las cimentaciones, así como en las fachadas, ya que aportan pistas acerca de los puntos que deben ser inspeccionados. Además, sirve saber si las obras cercanas se hicieron antes o después de la construcción de la edificación que se va a inspeccionar.

De la edad de la edificación también pueden deducirse algunos datos sobre el terreno de cimentación, ya que en las ciudades es frecuente que las ampliaciones se construyan en zonas en las que anteriormente se rellenaron vaguadas con escombros. En este sentido, los planos históricos de la ciudad informan de la edad de las calles y manzanas, y del estado de la trama urbana en el entorno de la edificación en cada momento histórico. Las fotografías aéreas también pueden aportar información valiosa al respecto; tanto planos como fotografías son fuentes de información fragmentaria que es preciso completar.

En el reconocimiento de las edificaciones y para su análisis se pueden distinguir tres momentos diferentes: edificaciones anteriores a 1984 (Decreto 1400 del 7 de junio de 1984), cuando no existía normativa de sismorresistencia propia; edificaciones construidas bajo esta normativa; edificaciones construidas bajo la normativa de 1998, NSR-98 (Decreto 33 del 9 de enero de 1998) vigente hasta el 2010, cuando se expide la NSR-10 (Decreto 926 del 19 de marzo de 2010). Se darán situaciones en las que es prácticamente seguro que una edificación de veinte años de edad fue construida con una normativa que ha cambiado, y en ciertos apartes, a veces, sustancialmente.

En el segundo caso, edificaciones construidas entre 1984 y la actualidad, la casuística es compleja. Algunas habrán sido construidas con base en la normativa vigente (sobre todo en entornos urbanos relativamente desarrollados y controlados), mientras que otras lo han sido de manera artesanal. En otros casos (una minoría), es posible que los materiales empleados en el

momento de la construcción resulten ser de vida corta, y ello obligue a su rehabilitación (como, por ejemplo, es el caso de la aluminosis de los forjados o losas de concreto). Además, la mayoría de los cambios de normativa son de obligado cumplimiento solo en edificaciones nuevas, pero situaciones preexistentes son admisibles, siempre que exista un margen suficiente de seguridad, aunque este margen sea inferior al exigido por la normativa vigente.

Por último, cabe realizar algunos comentarios pertinentes acerca de las edificaciones anteriores a 1984, y especialmente aplicables a las anteriores a 1900. Las edificaciones antiguas se construían empleando una mezcla de artesanía y técnica, así como se usaban unos materiales heterogéneos menos resistentes que los actuales y con una durabilidad en ocasiones insuficiente. En cualquier caso, algunos edificios se mantienen en un estado de conservación muy bueno, mientras que otros han sucumbido al paso del tiempo. Por lo tanto, la heterogeneidad señalada impide hacer predicciones generales, además de complicar la estimación de los mecanismos de transmisión de esfuerzos a través de la estructura. Finalmente, las instalaciones hidrosanitarias suelen estar en mal estado, lo que puede influir en la durabilidad de la estructura y la calidad del apoyo o incluso del propio terreno de cimentación. Por todo ello, la inspección de las edificaciones antiguas es una tarea que debe ser reservada a especialistas con experiencia específica en este campo. Para profesionales que deseen adentrarse en estos campos es recomendable leer la documentación publicada, que es abundante, y realizar inspecciones en colaboración con un técnico experimentado.

Las oficinas de planeación y las curadurías deberían disponer de información detallada y veraz sobre los inmuebles que se han construido en los terrenos urbanos que administran. Sin embargo, la unión de la azarosa vida de los archivos, con la tendencia a realizar reformas sin asesoría profesional y el hecho de no comunicarlas debidamente, o tergiversando la información de lo que en realidad se va a hacer (con la pobre excusa de ahorrar dinero y agilizar los permisos), hacen que la información existente suela ser incompleta.

Inspección mediante técnicas instrumentales

Para la caracterización de los materiales, componentes y elementos de la edificación es necesario realizar pruebas complementarias (Figura 5.6), las cuales son imprescindibles cuando no es posible pronunciarse sobre el origen de la patología; estas son de dos tipos:

- Catas o muestras.
- Ensayos in situ, o de laboratorio con toma de muestras in situ.

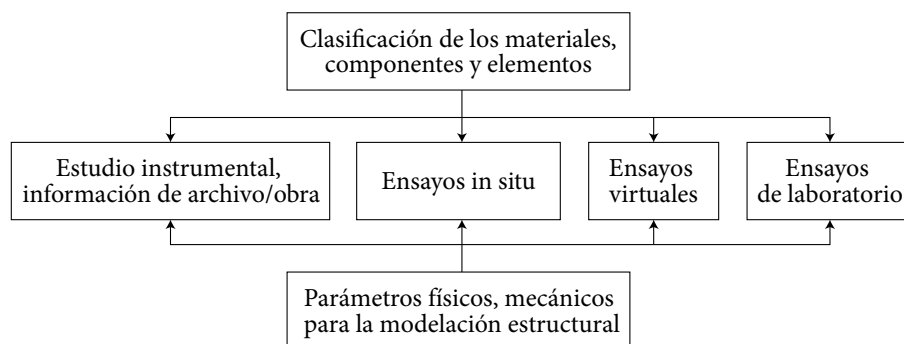


Figura 5.6. Caracterización de los materiales, componentes y elementos

Fuente: elaboración propia.

La ejecución de catas, en el estudio patológico, resulta ser compleja en la mayoría de los casos por cuanto se requiere el permiso de los propietarios o de los administradores de la edificación, de obreros para hacerla y reconstruir el elemento o la superficie, así como conseguir el material idéntico o similar. A este respecto suele suceder que no se autorice su realización o que el material para la reconstrucción no se consiga. En todo caso el resultado de la cata para los casos en que se lleva a cabo deben ser observados in situ por el profesional o el técnico experto, para interpretar de inmediato el resultado.

Respecto de los ensayos, el procedimiento es el mismo con el matiz de que los resultados del ensayo se le facilitan al profesional o el técnico experto para que los interprete. En este sentido, para realizar el informe se deben analizar los ensayos efectuados y sus resultados; no tienen trascendencia especial las conclusiones del informe del laboratorio por cuanto no siempre este es elaborado por profesionales de la patología sino por profesionales del control de calidad.

Esta fase comprende la selección de pruebas y ensayos en obra o en laboratorio y se realizan en caso de que la edificación lo requiera y será realizada por personal calificado. Estos ensayos pueden ser destructivos o no destructivos; siempre se priorizan estos últimos, dado que afectan en menor grado a la edificación (Figura 5.7).

Estos ensayos se realizan para caracterizar los materiales que conforman la edificación y evaluar su comportamiento ante determinados fenómenos mediante el empleo de técnicas y sistemas de instrumentación, con el fin de realizar mediciones y registros, toma de muestras para la realización de ensayos y pruebas en el sitio o en laboratorio, buscando información, datos y señales que posibiliten el estudio de la lesión y la caracterización de la patología (Figura 5.8).



Figura 5.7. Información complementaria para la fase de diagnóstico

Fuente: elaboración propia.

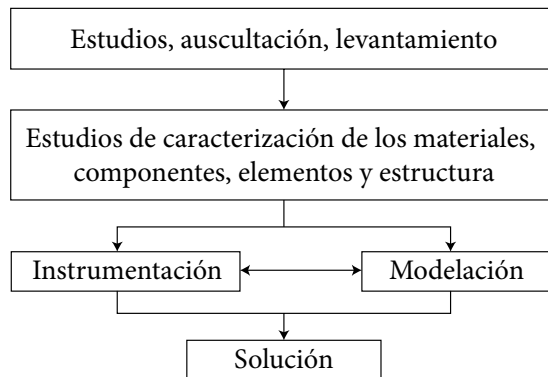


Figura 5.8. Caracterización de materiales, componentes y elementos

Fuente: elaboración propia.

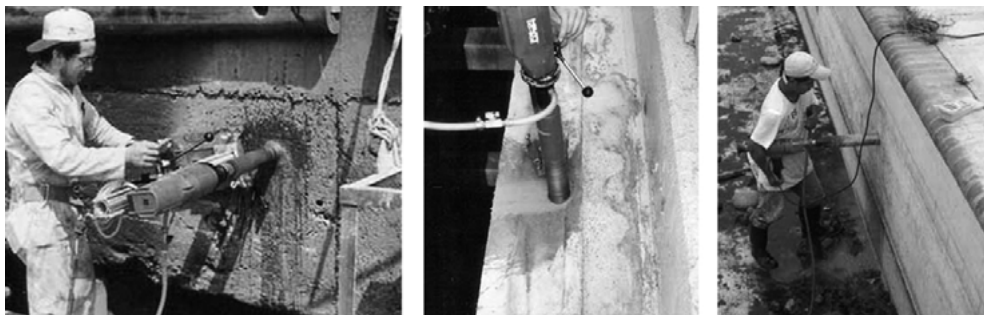
Los ensayos se clasifican en: físicos, mecánicos y químicos. Los ensayos físicos permiten conocer las características físicas, comprender mejor los materiales en estudio; sirven para determinar un conjunto de propiedades tales como la densidad aparente y real, la porosidad, la dureza y el color de la muestra. Los ensayos mecánicos se circunscriben a los elementos que tengan como función el sustento de la estructura; estos están asociados al tipo de material: de resistencia a compresión, flexión, tracción,

cohesión, adherencia. Los ensayos químicos o análisis químicos están orientados a conocer acerca de los materiales, sus propiedades, su concentración, las transformaciones químicas que sufren debido al medio ambiente en que se hallan.

Los ensayos relativos a la caracterización de materiales y el diagnóstico de elementos constructivos se realizan mediante diferentes tecnologías como son: a) Los ensayos no destructivos; b) La monitorización estática y control de estructuras; c) La caracterización dinámica de estructuras; y d) Otras técnicas de auscultación y caracterización complementarias cuasi-no destructivas de la cuales, por su carácter no invasivo, se recomienda su aplicación.

La toma de muestras de materiales es de vital importancia, dado que el hecho de disponer de ellas en distintas situaciones posibilita establecer sus condiciones y estado de deterioro. Para su efecto se debe establecer un programa de muestreo, dependiendo de su origen o procedencia; el sitio de extracción estará asociado al tipo de análisis por realizar, así como las pruebas a las que se le someterá.

Los estudios pueden ser simplemente de registro, de medición, de medición visual directa y de ensayo destructivo o no destructivo.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U. e Ing. Harold Cárdenas,
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle.

En el caso de ensayos de medición visual directa (endoscopia), no se trata de una técnica totalmente no destructiva, pero el daño que se produce es subsanable, dado que este se hace a través de un orificio previamente perforado o de fisuras existentes por donde penetra un tubo dotado de fibra óptica con un lente y un ocular en un extremo y una entrada de luz en el otro. La lente terminal del endoscopio se coloca en el agujero; la luz ilumina el interior del mismo y en el ocular se ve la imagen.

Los ensayos no destructivos son una de las metodologías en desarrollo, con una elevada aplicación en el sector de la construcción porque permite la caracterización no destructiva de los materiales que constituyen los diferentes componentes, elementos, unidades o partes estructurales o no de una edificación, así como determinar sus condiciones y estado.

La aplicación de estos nuevos métodos no destructivos posibilita el control de calidad del producto y la evaluación del sistema constructivo, de manera rápida, a partir de medidas in situ, sin deteriorar la pieza bajo análisis. Esto resulta de especial importancia en el sector, donde existe una gran variedad de procesos y de materiales simples y compuestos susceptibles de una mejora en su aprovechamiento y disminución de su impacto medioambiental.

En los ensayos no destructivos (END), su aplicación sobre los materiales no va a suponer ningún daño en estos; son particularmente interesantes para conocer la integridad de los elementos; entre ellos están: los métodos sónicos (velocidad de propagación del sonido), la inspección de zonas inaccesibles (endoscopia), los niveles tensionales y las propiedades de deformabilidad de los muros portantes (“gatos planos”) y otras características, de radar (ondas de radio), termografía y método esclerométrico (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Ventajas y desventajas de los ensayos no destructivos

Ventajas	Desventajas
• Se pueden realizar in situ. • Mayor facilidad de aplicación en edificaciones en uso. • Menor costo. • Más rápidos. • Menor deterioro del material. • Equipos más sencillos. • Conocimiento de los resultados inmediatamente. • Posibilita verificar las hipótesis del proyecto. • Menores daños en el elemento que se va a estudiar.	• No son tan precisos como los destructivos; se conocen una serie de valores estimativos. • Precisa a veces de ensayos destructivos. • Requieren preparación técnica del operario. • Falta de calibrado y precisión. • No se encuentran tan normalizados como los ensayos destructivos.

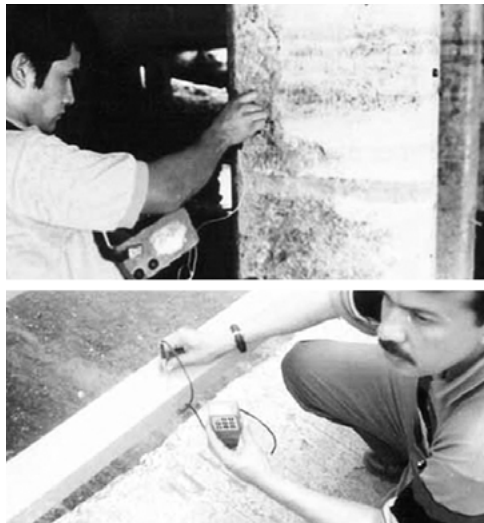
Fuente: elaboración propia.

Las aplicaciones de estos ensayos se dividen en dos grupos, según su finalidad:

- Establecer las propiedades de la materia: En este grupo se incluyen los ensayos de ultrasonidos, los esclerométricos, resistividad del concreto o potenciales electroquímicos de corrosión.
- Determinar el comportamiento mecánico de piezas o elementos: Entre estos se tiene la extensometría, la medición de flechas o de las frecuencias naturales de vibración.

A continuación se enuncian diferentes ensayos y estudios que suelen realizarse en la caracterización de los materiales, componentes y elementos de la edificación. Estos son:

- Fotometría, radiografía, ultrasonido.
- Corrosión de armaduras.
- Humedades, origen. Toma de datos higrotérmicos mediante termohigrómetro de lectura instantánea.
- Toma de muestras de materiales para estudio de contenidos en humedad y humedad de equilibrio.
- Ensayos de caracterización de sales solubles mediante reactivos (métodos sencillos in situ).
- Ensayos de campo de microescorrentía o mojado sobre materiales o juntas.



Fotografías de referencia

Fuente: Ing. Carlos Felipe Medina U. e Ing. Harold Cárdenas,
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle.

- Monitorización del edificio mediante termohigrómetros data-logger o sensores similares.
- Anomalías en revoques, pisos y cielorrasos.
- Ensayos elásticos de cargas; flexímetros.
- Testigos de movimientos.
- Pruebas hidráulicas.
- Extracción de muestras; ensayo a compresión.
- Extracción de muestras; profundidad de carbonatación.

- Perforaciones para determinar espesores.
- Exploración del suelo.
- Estudio geotécnico, con determinación de la posición del nivel freático, la composición del terreno y el gradiente en humedad de los distintos estratos.
- Otros.

En el supuesto de que el resultado de la inspección sea desfavorable, el informe deberá reflejar, además, como mínimo, el siguiente contenido:

- a. Descripción y localización de desperfectos y deficiencias que afecten la estructura y la cimentación; las fachadas interiores, exteriores, medianeras y otros paramentos; y los elementos que pudieran suponer un peligro para la vía pública; las cubiertas y azoteas; las redes generales de acueducto y alcantarillado de la edificación.
- b. Descripción de sus posibles causas.
- c. Descripción de las medidas inmediatas de seguridad adoptadas, en caso de ser necesarias, para garantizar la seguridad de los ocupantes de la edificación, vecinos, colindantes y transeúntes.
- d. Descripción de las obras y trabajos que, de forma priorizada, se consideran necesarios para subsanar las deficiencias descritas en el literal a y el plazo estimado de ejecución.
- e. Grado de ejecución y efectividad de las medidas adoptadas y de las obras realizadas para la corrección de deficiencias descritas en las anteriores inspecciones técnicas de la edificación, si las ha habido.

SEGUNDA FASE: DIAGNÓSTICO

El objetivo de esta segunda fase es analizar el estado de la edificación y de cada una de sus partes: estructura, cimentación, fachadas, otros paramentos, cubiertas, azoteas y redes generales de acueducto y alcantarillado e identificar las lesiones, su evolución, determinar las causas y sus consecuencias, analizarlas, asumir una posición en relación con ellas.

Para su efecto es conveniente profundizar acerca de la información sobre los sistemas constructivos, estructurales, cerramientos, cubiertas, etc., con los cuales se podrá llevar a cabo:

- El diagnóstico, a partir de la clasificación de los daños y de su comportamiento.
- La obtención de información complementaria, a partir de la utilización de técnicas de laboratorio.

- La redacción pormenorizada del informe técnico y del diagnóstico de situación con vistas al proyecto integral de intervención.

Para elaborar el diagnóstico se parte del análisis de la información obtenida en la primera fase y sus tres etapas, documentos, registros, resultados de pruebas, ensayos, estudios, chequeos, análisis, sondeos, reconocimientos, exámenes, tanteos, y del conocimiento de cómo se ha desarrollado el proceso patológico en la edificación en sentido general, hasta llegar al estado actual de la situación del proceso, su posible vigencia o su desaparición y las lesiones a que ha dado lugar y que constituyen los síntomas perceptibles del proceso. Finalmente se obtendrán las conclusiones y se determinarán las recomendaciones para las posteriores actuaciones que implicarán la reparación o no de la edificación (Figura 5.9).

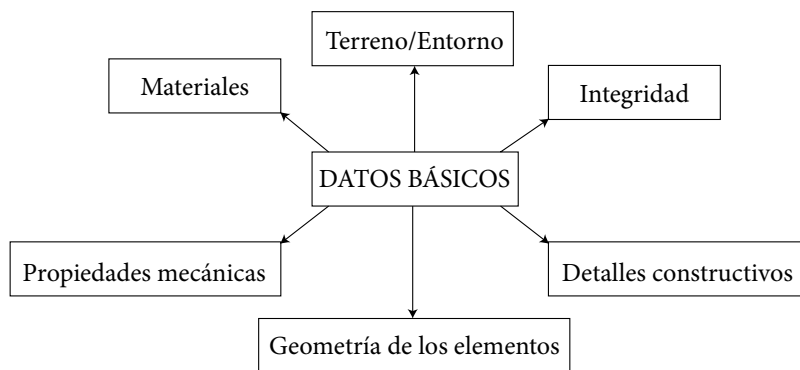


Figura 5.9. Información necesaria para la fase de diagnóstico

Fuente: elaboración propia.

En primera instancia, es recomendable hacer un estudio que comprenda los siguientes aspectos:

- a. **Revisión del proyecto original:** La revisión del proyecto original sirve para conocer la información de los planos arquitectónicos y de ingeniería y las especificaciones de materiales y las técnico-constructivas. Para la revisión de este es necesario disponer de los siguientes documentos:
 - *Estudios de suelos:* El objetivo es verificar las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes estratos que componen el subsuelo, la capacidad de carga, estratigrafía, las recomendaciones que se hicieron sobre las cimentaciones utilizadas en el proyecto.
 - *Memorias de cálculo de la estructura:* El objetivo es la revisión del diseño estructural, consideraciones que se tomaron en cuen-

- ta para determinar cargas muertas, cargas vivas, cargas sísmicas, presiones de suelo, combinación de cargas, tanto los datos crudos (memoria de diseño) como los datos que se utilizaron en el programa o programas en computadora (sap2000, etabs, etc.).
- *Planos estructurales*: Comprobar que lo expresado en los planos es el producto resultante del diseño estructural y que estos se hayan ejecutado de esta manera en la obra.
 - *Planos arquitectónicos*: Comprobar si la información registrada en los planos, tal como características espaciales y dimensionales propuestas originalmente en el diseño de la edificación, coincide con lo ejecutado en la obra.
 - *Planos de instalaciones*: Verificar la ubicación de las instalaciones (eléctricas, hidráulicas, etc.).
 - *Planos de la construcción*: Lo realmente ejecutado.
 - *Planos actualizados*: Evaluar si se han registrado las modificaciones, adiciones o reparaciones hechas a la edificación durante su vida útil de servicio.
 - *Especificaciones de materiales*: Verificar que los materiales que se utilizaron en la ejecución del proyecto cumplan con las normas de control de calidad requeridas por el diseñador del proyecto arquitectónico, como los proyectos de ingeniería.
 - *Bitácora de obra*: El objetivo es verificar si durante el proceso constructivo hubo alguna alteración en el diseño original, si hubo algún inconveniente a la hora de la construcción, algún evento fortuito que haya podido ocurrir.
 - *Otros estudios*: Estudios de durabilidad, de vulnerabilidad o de patología que se hayan realizado.

Cuando no se dispone de ellos, se hace necesario recurrir a ensayos no destructivos, a mediciones físicas de la geometría de los elementos, a localizaciones del acero de refuerzo (mediante exploración por remoción de recubrimientos o uso de localizadores de barras), levantamientos topográficos y altimétricos, etc.

En esta fase del estudio, también es indispensable establecer bajo qué versión de la normativa se hicieron los diseños y las especificaciones, para hacer las comparaciones del caso con la versión vigente. Si existen diferencias entre lo que está en los planos y en las especificaciones con lo que está construido, o se evidencian alteraciones en la estructura en servicio, estas situaciones deben registrarse cuidadosamente.

Para el caso de los materiales y de los procesos de construcción es conveniente revisar los siguientes aspectos:

- *Información de materiales:* En esta se exige el registro de calidad de los materiales utilizados en las construcciones, también se debe solicitar la siguiente información, la cual puede ser obtenida del propio contratista o de los proveedores:
 - Especificaciones y referencia de materiales empleados.
 - Registros de calidad de los componentes del concreto.
 - Revestimiento, temperatura, tiempo de elaboración y colocación del concreto.
 - Diseño y dosificación de las mezclas.
 - Registros de control de calidad del concreto.
 - Tipo y duración de las condiciones de curado.
 - Registros de control de calidad del acero de refuerzo.
 - Registros de control de calidad de otros materiales (prefabricados, ladrillos, etc.).

- *Información de la construcción:* Para obtener información sobre los procedimientos constructivos, el avance de la programación de obra, los eventos de excepción o las contingencias (que suelen suceder en todas las obras), las condiciones de protección y curado de la estructura, y la puesta en servicio de la misma, es conveniente adelantar una entrevista con personas que hayan intervenido durante esta fase del proyecto. Ello también ahorra mucho tiempo. Además, algunos documentos de invaluable importancia pueden ser:
 - Correspondencia durante la construcción.
 - Fotografías y registros filmicos de la construcción (si están disponibles).
 - Reportes técnicos o actas de avance de obra.
 - Registros documentales durante la obra (nivelaciones, asentamientos, levantamientos topográficos, etc.).
 - Planos y documentos de cambios sobre la marcha de la obra.

- a. **Información general.** Otro aspecto importante son las condiciones de uso, exposición de la edificación y la influencia del medio ambiente sobre la misma. Por lo tanto, es muy conveniente obtener la siguiente información:
 - *Documentación existente en registros públicos:* Planeación Municipal, curaduría, documentos tales como: licencia de construcción,

licencia ambiental, reglamento de copropiedad, permisos de venta, entre otros.

- *Propietarios y usos (cronológicamente)*: El objetivo es conocer acerca del uso que se le ha dado a la edificación, para determinar a qué tipo de exposición ha estado sujeto y analizar si no se han sobrepasado las consideraciones para las cuales fue diseñada.
- *Entrevistas con los proyectistas*: El diálogo con los profesionales de la arquitectura y de la ingeniería que hayan participado en la fase de diseño son de gran utilidad para ahorrar tiempo. También es útil visitar las oficinas públicas o las curadurías que otorgan licencias de construcción o registro de construcciones.
- *Historial de la edificación y de servicio*: Fechas de diseño, construcción y puesta en servicio, vida útil proyectada, área construida, etc.

Otra fuente relevante de información son las entrevistas con personas que hayan conocido la edificación a través del tiempo, la naturaleza y el tipo de acciones en las que han participado (cronología de daños y mantenimiento), así como el tipo de intervenciones (condiciones de servicio), y proyecciones hacia el futuro. También, sobre todo en instalaciones industriales, es fundamental tener entrevistas con personal de operación y mantenimiento. Además, si la edificación ha tenido intervenciones previas, es conveniente obtener documentación sobre la manera y la época en que estas se adelantaron.

Algunos documentos que pueden ser de utilidad son los siguientes:

- Archivos de propietarios, administradores, usuarios o compañías de seguros pasados y actuales.
- Archivos de mantenimientos rutinarios, reparaciones, remodelaciones, modificaciones o adiciones.
- Archivos de propietarios de predios vecinos.
- Reportes del clima y eventos geológicos, geotécnicos, sismos, huracanes, etc.
- Registros fotográficos o filmicos de eventos y sucesos normales (registros históricos).

Toda la información obtenida de los pasos anteriores debe ser debidamente registrada, clasificada y archivada, para facilitar su consulta y ponerla a disposición del dueño o de quien vaya a adelantar la intervención, ya sea esta reparación, rehabilitación o restauración.

Cuando se trate de una preservación o una restauración, como por ejemplo edificaciones y estructuras con valor histórico o de conservación arquitectónica, es indispensable determinar si su rehabilitación está cobijada por leyes y restricciones municipales, Ministerio de Cultura o alguna otra institución involucrada en el mantenimiento o preservación de dichas edificaciones.

Con el análisis patológico se determinará el estado de conservación de la edificación, y de sus componentes, la existencia o no de lesiones constructivas, y su importancia, además del grado de avance y localización en el edificio. La fuente documental casi exclusiva de esta parte del análisis será la edificación. Este análisis incluirá un primer avance de soluciones o de acciones por realizar en la posterior intervención.

La identificación, localización y registro de las lesiones comprende:

- a. El número de referencia o código, en función del tipo de lesión, para su identificación.
- b. La descripción gráfica, fotográfica y literal de las principales lesiones que afectan la edificación.
- c. La cuantificación de las mismas.
- d. La relación, localizada en planos y fotografías, de la aparición de las lesiones antes descritas.

Con base en la información obtenida y con los resultados de los estudios de comprobación realizados, se estará en condiciones de determinar las causas (normalmente varias y concatenadas) de las lesiones.

La información recogida debe ser revisada pensando especialmente en los objetivos del estudio; es decir, un análisis intencional. A este respecto el objeto concreto y final del diagnóstico es:

- a. Descripción del origen último y concluyente de las patologías o, en su caso, la descripción de concurrencias de orígenes. Se debe tener claro que la indeterminación en este aspecto hace ineficaz el estudio y que la concurrencia de orígenes no es lo mismo que la indeterminación.
- b. Identificación del cumplimiento de las obligaciones de los agentes que intervienen en el proceso constructivo en relación con la patología. Es de resaltar que se deben describir, en su caso, exclusivamente, las circunstancias del cumplimiento de las obligaciones, no así lo que hace referencia a la imputación de responsabilidades derivadas de posibles incumplimientos, por cuanto ese paso es meramente jurídico y ajeno al objetivo del estudio.

- c. Identificación del cumplimiento del proyecto en relación con la patología producida.
- d. Identificación del cumplimiento de las normativas de aplicación en relación con la patología producida.
- e. Relación de un incumplimiento de lo que se denomina normas de buena construcción (“lex artis”), respecto del origen de la patología producida.

El levantamiento de las lesiones, así como la determinación de las causas y las consecuencias, es de gran importancia a la hora de realizar el proyecto de intervención de la edificación; por lo tanto, el tenerlas claramente identificadas permitirá adoptar las medidas y técnicas constructivas acertadas durante el proceso de intervención.

Cada una de las lesiones detectadas o inferidas a partir de los síntomas tiene dos aspectos que es preciso evaluar:

- a.Cuál es la previsible evolución futura de la lesión, tanto a corto como a largo plazo.
- b. Qué riesgos se derivan de la existencia del deterioro. Estos riesgos pueden ser:
 - Para la integridad de la edificación (riesgo máximo).
 - Para la integridad de los habitantes de la edificación o sus visitantes.
 - Para la integridad de otras personas, tales como peatones o usuarios de vehículos en la vía pública.
 - Para la funcionalidad de la edificación.
 - Para la apariencia de la edificación (exterior).
 - Para la apariencia de la edificación (interior) (riesgo mínimo).

La clasificación de las lesiones puede hacerse en función de varios criterios. De un modo general, las lesiones pueden ser:

- Visibles u ocultas, en función de su evidencia.
- Activas o inactivas, en función de que puedan progresar o ser estacionarias.
- Intrínsecas o extrínsecas. Son intrínsecas las que son producto de la evolución lógica del elemento, en función de su naturaleza, las cargas que resiste, los movimientos sufridos y solicitaciones a las que está sometido; mientras que se denomina extrínsecas a las producidas por actuaciones exteriores (condiciones ambientales, fuego, eliminación de elementos como muros o pilares, adición de elementos como antenas, apeos o estructuras, etc.).

Por la propia naturaleza de la inspección, esta se encamina a la detección y categorización adecuada de las lesiones visibles. De ellas, las lesiones visibles más preocupantes son las activas. El hecho de que sean intrínsecas o extrínsecas influye únicamente en la fase de asignación de causas probables.

Hay que tener en cuenta que las causas posibles son muy variadas, no son únicas en cada proceso patológico y que siempre se encontrarán actuando conjuntamente. Estas pueden ser directas o indirectas. Las causas directas son las acciones que originan los procesos patológicos, inician la degradación de los materiales, componentes y elementos de la edificación; estas son de orden mecánico, físico y químico. En ocasiones la causa directa de una lesión es otra lesión anterior; por ejemplo, las deformaciones suelen ser la causa directa de desprendimientos, fisuras y grietas, y estas a su vez son la causa directa de erosiones físicas, desprendimientos y humedades que generan eflorescencias, erosiones físicas, químicas, corrosiones y desprendimientos; las corrosiones producen ensuciamientos y los organismos provocan erosiones químicas.

Las causas indirectas son los factores inherentes a las unidades constructivas, como la composición química, la forma o disposición, las cuales se deben casi siempre a un diseño defectuoso o una mala selección de materiales. Una causa indirecta no es suficiente para que se produzca un proceso patológico; en general se necesita la combinación de varias causas indirectas, entre las cuales se tiene: de proyecto, de ejecución, del material y de funcionamiento (mantenimiento).

El proceso de análisis y determinación de las causas incluye:

- El análisis de las lesiones.
- El establecimiento de hipótesis razonadas sobre sus causas y desarrollo.
- Las posibles consecuencias y previsible evolución.

Gran importancia tiene la determinación de las causas reales, que implican la necesidad de actuar, además de todas aquellas problemáticas que se puedan producir por el hecho de intervenir, ya que, de algún modo, se estará modificando, de forma sustancial o no, la edificación o una de sus partes, como, por ejemplo, la relación entre el terreno de apoyo, la cimentación que transmitirá las cargas y la estructura.

Análisis de las partes de la edificación

Una vez efectuada la inspección, o a la par, es preciso determinar el sistema constructivo y los materiales empleados en cada una de las partes de la edificación objeto del estudio, con el fin de interpretar el tipo de lesiones

existentes. Para facilitar el abordaje del estado en el que se encuentra la edificación, es recomendable dividirlo en grupos, en función de los sistemas que la conforman. A modo de ejemplo se propone la siguiente guía, que podrá ser completada y adaptada según cada caso en particular. A tal efecto, en el informe sobre el estado de cada una de sus partes se registrará el resultado del análisis:

a. Estructura y cimentación. Deberá analizarse si se trata de pórticos o muros, y estudiar igualmente el estado de losas o forjados, escaleras y cubierta. Respecto a la cubierta, conviene llamar la atención sobre el hecho de diferenciar la estructura de cubierta de los elementos que conforman el techo, que serán estudiados en otro ítem diferente.

Se estudiarán los sistemas constructivos ocultos como el caso de la cimentación, su estado, su tipología, sus elementos:

- Zapatas aisladas.
- Zapata corrida.
- Pozos.
- Pilotes.
- Muros de contención.

b. Fachadas. El análisis sobre el estado de las fachadas debe comprender lo inspeccionado, distinguiendo elementos, componentes de fachada (cerramientos, ornamentación, etc.). Además, si se trata de exteriores, interiores o medianeras. A continuación se revisan los diferentes elementos que la conforman:

- Vanos.
- Macizos o paños ciegos.
- Salientes.
- Voladizos.
- Anclajes.
- Apoyos.
- Coronación.
- Componentes interiores.
- Divisiones internas (tabiques, muros divisorios, etc.).

c. Cubiertas. Al redactar el informe sobre cubiertas y azoteas, la inspección deberá diferenciar si estas son:

- Inclinas.
- Planas.
- Mixtas.

En el caso de cubiertas inclinadas se examinará:

- Cubrimiento de faldones (pudiendo aludir a su sustentación).
- Encuentros con otros elementos.
- Encuentros con paramentos.
- Elementos salientes.

En cubiertas planas:

- Estado del pavimento.
- Petos y albardillas.
- Aislantes.
- Impermeabilizantes.
- Imbornales o bocas.
- Juntas.
- Otros elementos propios de este tipo de cubiertas.

En cornisas y aleros deberá ser comprobado el estado de:

- Canecillos.
- Entrecalles.
- Vuelos.
- Escocías.
- Cualquier otro elemento que pueda desprenderse a la vía pública o a interiores de patios, o produzca alterabilidad de la estanqueidad de la fachada.

d. Redes de servicio

Acueducto. La red de acueducto deberá ser estudiada desde su acometida hasta:

- Cuarto de contadores.
- Colector.
- Montantes.
- Derivaciones.
- Aparatos sanitarios.
- Depósitos.

Alcantarillado. La red de alcantarillado es la más compleja debido a que en muchas ocasiones resulta difícil determinar la ubicación de las posibles lesiones, por lo que debe inspeccionarse con la mayor precisión posible, tanto en los elementos de recolección como en la red vertical, red horizontal, red de drenaje y aparatos sanitarios.

Eléctricas, comunicaciones, gas, etc. Estas redes deberán ser revisadas también desde su acometida hasta los diferentes puntos de salida, los sitios de registro y de control.

Lesiones

Como el objetivo principal de la inspección es identificar las partes o elementos afectados, determinar su naturaleza y extensión de los problemas observados, con base en los resultados de esta es indispensable hacer un registro lo más completo posible de los daños o lesiones, su ubicación y su proceso patológico. El registro debe ir acompañado de una descripción breve de sus características principales. Para su efecto, retomando la tipificación de las lesiones hechas en el Capítulo 3, se encuentran cuatro tipologías, de acuerdo con su origen. Estas son:

- Físicas.
- Mecánicas.
- Químicas.
- Biológicas.

Cualquiera de ellas puede revestir en sí la misma gravedad y provocar la misma peligrosidad para personas y cosas.

La lesión física más generalizada es la humedad producida por filtraciones de agua y las deformaciones, las fisuras y grietas ocasionadas por los cambios de temperatura y la posterior formación de hielo. También se encontrará la erosión física, la meteorización y la suciedad producidas por la atmósfera, y los daños ocasionados durante la explotación y uso del inmueble.

Las lesiones mecánicas más profusas son:

- Las deformaciones y agrietamientos, ocasionados por fatiga y agotamiento de los materiales, cargas, sobrecargas, dilataciones, fallo de la sustentación e incremento de la esbeltez de un elemento o parte de la edificación.
- Fisuras, producidas por dilataciones, retracciones y fluencia.
- Desprendimientos, debidos a un incorrecto diseño, ejecución o superación de la vida útil del sistema empleado.
- Erosión mecánica, ocasionada por el uso y el viento.

Las lesiones químicas que en la inspección suelen encontrarse son:

- La disgregación y disolución producidas por sales y agentes contaminantes del medio ambiente.
- La oxidación y las eflorescencias debidas a la acción del agua.

- La más grave es la corrosión, también debida a la acción del agua, incorrecto diseño, ejecución o mantenimiento.

Las lesiones biológicas, que afectan en general a materiales orgánicos y a otros con componentes de base orgánica, suelen encontrarse en forma de pudriciones producidas por hongos y la disgregación ocasionada por insectos xilófagos.

También se suelen presentar meteorizaciones que generan alteración física, mecánica o química sufrida por el concreto, bajo la acción de la intemperie (sol, viento, lluvia u otros). Este fenómeno, desde luego, está muy influenciado por cambios en la temperatura, la humedad y la presión del medio ambiente, especialmente por la polución del mismo medio ambiente, que es un factor del continuo crecimiento de los centros urbanos.

El levantamiento de los daños (tipo y magnitud) y su localización debe hacerse en fichas o formatos y en un plano o mapa de daños. Este debe ser complementado con un buen registro fotográfico o fílmico.

En adición a la inspección visual, el trabajo de campo debe incluir mediciones de los elementos, longitud de luces y desniveles encontrados en la edificación motivo de la investigación. En algunos casos, es indispensable realizar un levantamiento topográfico o altimétrico de esta y localizar de manera precisa los daños, ya sean estos desplazamientos, fisuras, separaciones en el plano o mapa de daños.

Existen métodos rápidos y económicos para la obtención de información y que permiten identificar presencia de vacíos, de laminaciones o discontinuidades superficiales en el concreto como lo es el impacto acústico con martillo. También debe considerarse que en muchos casos puede ser de interés el análisis de la estructura con el fin de medir mediante instrumentos la evolución de algunas patologías producto de asentamientos, de movimientos que se expresan en desniveles, desplomes o fisuras.

Seguridad constructiva

Una vez obtenidos los resultados de la inspección, analizado el sistema constructivo, materiales constituyentes, reformas realizadas en el inmueble, uso al que se destina, lesiones existentes, ubicación de las mismas, interacción con otras edificaciones, infraestructuras y elementos ajenos a la edificación inspeccionada, habrá que decidir si esta cumple con las condiciones de seguridad constructiva exigidas por la legislación vigente a nivel municipal o en el ámbito nacional.

Si no cumple, se deberá realizar una descripción de las obras y trabajos que, de forma priorizada, se consideren necesarios para subsanar las

deficiencias descritas en el correspondiente diagnóstico, las conclusiones y recomendaciones para la propuesta de intervención y el plazo estimado de ejecución, además del grado de ejecución y efectividad de las medidas adoptadas y de las obras realizadas para subsanar las deficiencias descritas en las anteriores inspecciones técnicas realizadas a la edificación.

Es de señalar que este trabajo, en muchas ocasiones, suele ser tan extenso que será conveniente presentarlo en un informe con anexos. Con todo lo expuesto, a pesar de ser muy exhaustivo el estudio, se obtendrá un análisis o radiografía del estado de la edificación, pudiéndose llevar a cabo la devolución de las condiciones de seguridad y habitabilidad, y de este modo cumplir con el deber de conservación por parte de los propietarios, y con el deber bien cumplido de los profesionales que intervengan en la inspección técnica de la edificación.

El diagnóstico causal tiene como objetivo encontrar un fallo del sistema (estado, cadena, elemento) que causa un mal funcionamiento o está generando una patología.

Los pasos del diagnóstico causal son:

- Encontrar causas posibles (hipótesis) que expliquen la patología o el mal funcionamiento.
- Del conjunto de hipótesis seleccionar una.
- Predecir un comportamiento observable para esa hipótesis.
- Obtener evidencia del comportamiento observable predicho.
- Verificar si la hipótesis seleccionada es coherente con la evidencia o con el síntoma. Si no es coherente se descarta y si es coherente se ofrece como parte del resultado.
- Repetir el proceso hasta obtener resultado.

Se podría considerar una negligencia el adoptar una solución que se ajustara a los resultados más inmediatos de un estudio inicial poco profundo, por lo que no se solucionarían los problemas reales o los problemas secundarios, y una vez ejecutada la supuesta solución obligaría a actuar nuevamente sobre la edificación. Esto implicaría duplicar la actuación, tanto en lo económico como en el proceso de obra, ya que, generalmente, la inicial ha sido finalizada. Por ello se debe conocer la posible combinación de problemas actuales y futuros.

Entonces, se deben considerar las propiedades de los diferentes materiales que conforman la edificación, las características dimensionales de los elementos estructurales y sus detalles constructivos, los defectos existentes y sus causas, en suma, todo aquello que permita verificar si la construcción satisface el requisito básico de resistencia mecánica, estabilidad y

durabilidad; o, en caso contrario, apuntar posibles soluciones a las debilidades detectadas en aquellas partes en que fuera necesario (Figura 5.10).

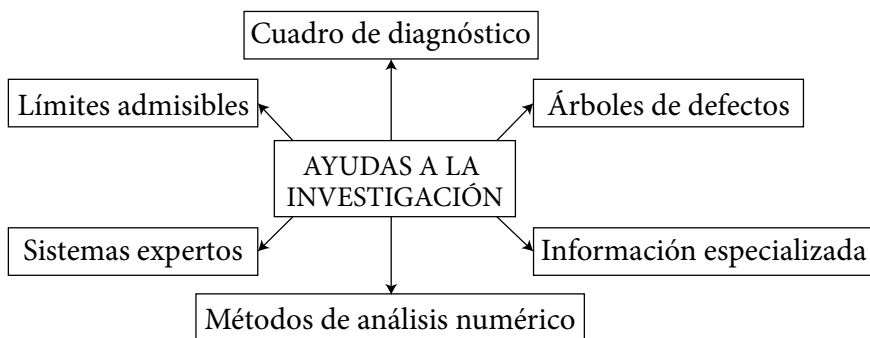


Figura 5.10. Información complementaria para la fase de diagnóstico

Fuente: elaboración propia.

En caso de no poder establecer las causas y ante la presencia de problemas complejos, se recurre a la participación de otros profesionales para realizar estudios superiores, que comprenden pruebas y ensayos singulares.

Una vez establecida la naturaleza y las causas de las lesiones, y encontrados los deterioros, la fase final del diagnóstico se centra en obtener conclusiones acerca del alcance de los mismos, así como de la necesidad y urgencia de intervención (Figura 5.11). En concreto, se debe dar respuesta a las dos cuestiones básicas que son: las condiciones de habitabilidad y seguridad de la edificación y la necesidad de intervención definida en el tiempo.

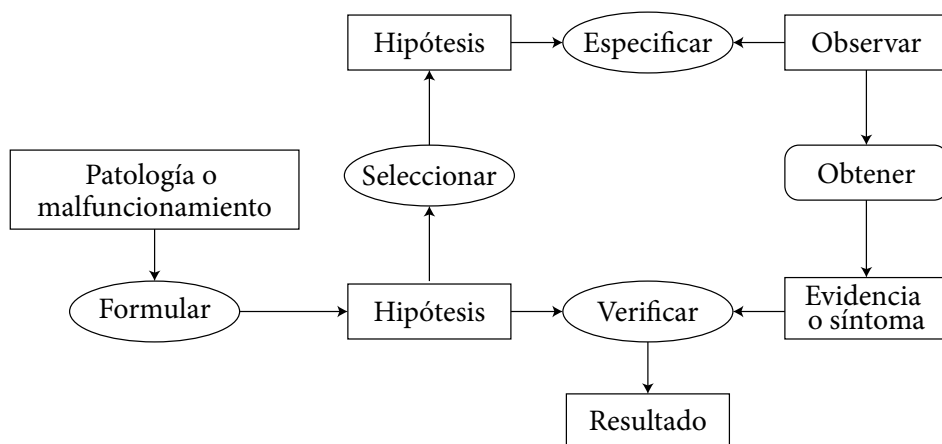


Figura 5.11. Modelo de interpretación.

Diagrama de inferencias de la plantilla de diagnóstico causal

Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis anterior se pueden plantear soluciones orientadas a:

- Determinar las acciones por realizar para la corrección de las lesiones.
- Valorar económicamente el alcance de la reparación, rehabilitación o restauración.
- Cuantificar las acciones de intervención, ya sean de reparación, rehabilitación o restauración.

En resumen, el proceso de diagnóstico comprende las siguientes actividades:

- El estudio y análisis de la información obtenida en las fases anteriores para establecer las causas que originaron el proceso patológico en sentido general.
- La realización de una nueva visita o visitas a la edificación, con el propósito de determinar la evolución del proceso patológico, de la lesión o lesiones, el tiempo, su posible periodicidad, etc.
- La evaluación del estado actual de la situación del proceso, su posible vigencia o su desaparición y las lesiones a que ha dado lugar.
- Conclusiones, recomendaciones y definición de los mecanismos de actuación que se deben tener en cuenta.

TERCERA FASE: PROPUESTA DE ACTUACIÓN Y DECISIÓN DEL TIPO DE SOLUCIÓN PARA EL TRATAMIENTO

El objetivo de la tercera fase es definir la ruta que se va a seguir, de acuerdo con las conclusiones y recomendaciones del diagnóstico y establecer el tratamiento o la propuesta terapéutica.

El deterioro observado, así como la evaluación de las condiciones de seguridad de la edificación, deben definir la posible intervención sobre la misma.

Las posibilidades en tal sentido son varias:

- Dejarla como está y permitir que prosigan las lesiones.
- Actuar exclusivamente para evitar una mayor degradación.
- Limitar el uso de la obra.
- Reparar o reforzar.
- Reconstruir.
- Incluso, abandonar y demoler.

La elección de una u otra estrategia depende no solo de su estado, de la estructura y la construcción en general, sino también del valor económico,

social, histórico o artístico de esta. Ese mismo conjunto de factores definen la urgencia y el momento más adecuado para la intervención.

Según los resultados del análisis y establecido el diagnóstico; es decir, conocidas las causas de la intervención, y la problemática que se debe subsanar, de forma previa a la selección del tratamiento se deben plantear las diferentes posibilidades de actuación, a fin de analizarlas y decidirse por la más beneficiosa.

Las diferentes soluciones de aplicación se verán influidas, en gran medida, por la relación inversión-solución del problema, lo que condicionará su elección. Este aspecto económico en ocasiones no tiene importancia por disponer de gran capacidad de inversión, pero en otras es uno de los factores capitales. Una mala selección del tratamiento por aplicar añadiría gran dificultad en el control final de la solución, lo que implicaría, o bien alargar el problema, o en el peor de los casos un aumento de la problemática existente.

En el estudio de factibilidad se elabora una primera propuesta de reparación, se comprueba su viabilidad, se verifican posibles incompatibilidades y se determinan soluciones o medidas alternativas con la correspondiente argumentación justificativa. Si no se ha hallado ninguna posible solución alternativa, hay que volver atrás para seguir estudiando la edificación y reiniciar el proceso, es un proceso reversible.

Revisadas las fases anteriores y una vez determinadas las soluciones o medidas alternativas con la correspondiente argumentación justificativa, en esta fase se toman las decisiones sobre mejoras funcionales y estructurales, se concretan en propuestas que incluyen las soluciones alternativas establecidas. A partir de esta se elabora la propuesta definitiva viable de reparación de las lesiones visibles, que permite dar paso al proyecto. De esta manera el desarrollo del proyecto se hace sobre las soluciones alternativas que hacen que la propuesta sea viable (Figura 5.12).

Al igual que la evaluación, el procedimiento para desarrollar el estudio y determinar la viabilidad de intervención de la edificación está en función del tipo de obras que se hayan de realizar y estas son consecuencia de dos causas principales:

- a. La posible reparación de estados patológicos, lesiones, degradaciones, etc.
- b. La adecuación estructural o funcional. En los edificios protegidos es frecuente la combinación de ambas circunstancias.

Las propuestas deben ser concretas para dar solución a las carencias o incompatibilidades detectadas en la evaluación. De acuerdo con los resultados del diagnóstico se toma la decisión de intervención o no, para lo cual:

- Se elabora la memoria del proyecto de intervención. Propuesta de reparación y mantenimiento.
- Se toma la decisión para la no intervención de la edificación.

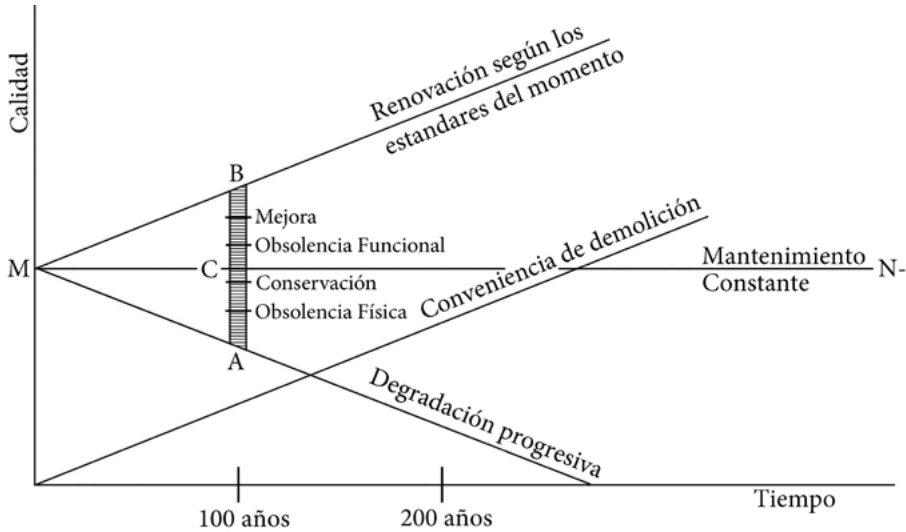


Figura 5.12. Calidad vs. tiempo en la edificación

Fuente: adaptado de Lelis René (1998).

Dentro de esta metodología de carácter general, cuando se interviene una edificación, ya sea de carácter histórico o no, existen múltiples particularidades que se deben tener en cuenta, y que serán de mayor o menor envergadura en función de esta, pero que condicionarán en gran medida la selección del sistema que se aplicará, así como su proceso de puesta en obra.

A continuación, y a modo de ejemplo, se presentarán diferentes grupos, en función del aspecto del que se derivan. Estos son:

Derivados de ser una actuación a nivel superficial.

- **Derivados del carácter histórico o de la antigüedad de la propia edificación**
 - El valor de los acabados o de la configuración espacial de la edificación puede ser muy alto, impidiendo su alteración, siquiera de forma provisional, y de gran costo también los sistemas de protección.
 - La antigüedad de determinados elementos puede implicar la necesidad de su protección, y por lo tanto la imposibilidad de dañarlos, retirarlos o modificarlos.
 - Es frecuente que los materiales existentes sean de dudosa calidad, y por lo tanto su alteración implique algún tipo de afectación al conjunto de esta.

- La existencia de alteraciones importantes al original agravaría su complejidad constructiva, pudiendo ser, incluso, las generadoras de su problemática, al alterar su comportamiento respecto a las condiciones iniciales.
- Circunstancias de las edificaciones colindantes, en general de similar tipología y antigüedad, lo que implica la necesidad de medidas de precaución en lo referente a movimientos en ellas.
- **Derivados de aspectos constructivos y estructurales de la propia edificación.**
 - Las cimentaciones existentes pueden ser someras, o deficientes para su correcto comportamiento. Pueden estar realizadas con materiales de baja calidad, o bien estar degradadas por la presencia de agua o agentes químicos.
 - Los sistemas constructivos empleados pueden haber adquirido una gran complejidad. El paso del tiempo puede producir la integración de unos materiales en otros, e incluso modificar la función inicial, como la entrada en carga de muros o tabiques, o la aparición de elementos con comportamiento a tracción.
 - Ante los potenciales asentamientos sufridos (simplemente por el paso del tiempo) en función del tipo de terreno donde se apoye, lo cual es prácticamente imposible de determinar, verificar el margen de los movimientos diferenciales que quedan para poder operar, dependiendo del tipo y estado de la estructura.
 - Esto plantea la imposibilidad de asumir movimientos adicionales, y se deberán adoptar sistemas dirigidos a tal fin, como:
 - Rigidización estructural.
 - Control de movimientos.
 - Recalces provisionales (primarios).
 - Es posible la existencia de condiciones de inestabilidad estructural por la afectación de la edificación.
 - Necesidad de no modificar el comportamiento estructural de la edificación original. Esta es la mejor manera de garantizar su correcto comportamiento, y la no aparición de problemas secundarios por una re-adaptación del comportamiento estructural no prevista.
 - Control obligado de asentamientos de la edificación, como sistema de garantizar que no se han producido movimientos incontrolados, o al menos cuantificarlos, y conocer cuándo se producen, para adoptar las medidas oportunas.

- **Derivados de aspectos estéticos**

- La imposible alteración de acabados en paramentos exteriores e interiores, por su valor artístico, fácilmente agredible desde el punto de vista de su irrepetible configuración o ejecución, ocurriría en caso de tener elementos muebles anclados a la edificación y de imposible retiro.
- Necesidad de adoptar sistemas de ejecución sin elementos finales externos visibles, que no alteren la visualización del espacio o el elemento constructivo original. Esto implica la adopción de sistemas, o la modificación de los más habituales, permitiendo, en caso de necesidad, la comprobación o el control de aquellos elementos que se hayan dispuesto.

Como se ha observado, y dada la gran variedad de circunstancias que pueden darse a la hora de plantear la propuesta de intervención, no se pueden presentar soluciones generales, ni un catálogo de soluciones sistemáticas; solamente se pueden indicar algunas ideas sobre la metodología de aplicación, así como de algunos factores que se deben considerar como de gran importancia. Estos son:

- Importancia de la adopción de una metodología adecuada que determine tanto causas como el tratamiento de aplicación, todo ello derivado de los estudios previos que permitan el total conocimiento de la edificación sobre la que se va a actuar, y los factores del entorno que afecten de un modo u otro.
- Necesidad de preparación científica y técnica adecuadas, por parte de los técnicos y profesionales que intervienen en este tipo de actuaciones, de tal manera que se prevean las acciones derivadas del tipo de solución aplicada, y no se condicionen las obras a decisiones provenientes de otros sectores, con otro tipo de prioridades (económicas, espaciales...), de tal modo que se adopten las medidas preventivas específicas, cuyo olvido puede dar lugar a fracasos imprevistos.
- Necesidad de encomendar la intervención a empresas especializadas, o a profesionales con gran experiencia en el tipo de tratamiento por aplicar, de manera que estén en condiciones de realizar la actuación, prever los posibles problemas que puedan aparecer, e incluso puedan proponer soluciones alternativas o complementarias idóneas al problema que se va a tratar.

Además de todo lo expuesto, hay que insistir, en que en el campo de la reparación, rehabilitación y restauración, este tipo de actuaciones quedan

inmersas de lleno en la visión interdisciplinar, ya que es necesario tener en cuenta y confrontar opiniones desde los diferentes puntos de vista de los que intervienen (el arquitecto, el ingeniero, el historiador, el arqueólogo, los oficios artesanos...).

CUARTA Y ÚLTIMA FASE: INTERVENCIÓN

El objetivo de esta cuarta y última fase es la aplicación o implementación del tratamiento, el cual, dependiendo de las características de la intervención, puede ser de reparación, rehabilitación o restauración.

Según Monjo Carrió (2008):

Podríamos definir la intervención en edificación como una actuación que interesa a las características técnicas, funcionales o histórico-artísticas de un edificio construido, con el objeto de recuperarlas, mejorarlas o adaptarlas a nuevos usos. Hay que reconocer que ese tipo de intervenciones se llevan a cabo, algunas veces, de forma descontrolada, preocupados excesivamente por un problema concreto y sin atender a los distintos valores que se encuentran simultáneamente en un edificio. (p. 30)

En este sentido, es importante insistir en que el enfoque de dichas intervenciones debe ser “arquitectónico”; es decir, considerando el edificio, a la vez, como:

- Documento histórico (su posible valor histórico-artístico).
- Conjunto de locales funcionales (su habitabilidad).
- Objeto físico construido (su integridad constructiva).

En definitiva, una intervención “global y coordinada”, como se deduce del origen etimológico de la palabra arquitectura (de “arco”, coordinar, y “tecton”, técnico). Entonces, se habla de recuperar en el edificio:

- Su aspecto y su valor histórico: restaurar.
- Su funcionalidad: rehabilitar.
- La función constructiva de todos sus elementos: reparar.

En consecuencia, la intervención debe partir de un determinado uso del edificio y hacer que tenga la funcionalidad (la habitabilidad) adecuada para el mismo. Ello implicará unos sistemas de acondicionamiento,

arquitectónicamente compatibles con su uso, su historia, su forma y sus técnicas constructivas. Se debe, por lo tanto, rehabilitar el edificio.

Por otra parte, dicha intervención debe considerar el valor histórico y artístico del edificio, incluso en aquellos casos en que no se trate de un “monumento”, respetando sus cualidades de documento histórico y considerando su estética, total o parcial; además, recuperando en lo posible sus valores formales y compositivos. La intervención debe ser respetuosa con dichos valores, tanto propios como del entorno. Es necesario, pues, restaurar el edificio.

Por último, se debe tratar de conseguir la máxima durabilidad del edificio, lo que implica, por una parte, recuperar las prestaciones adecuadas de cada una de las unidades constructivas (estructura, fachadas, cubiertas, tabiques, etc.) con las reparaciones necesarias; por otra, seleccionar los materiales superficiales (acabados interiores y exteriores) más resistentes al entorno y a la función; y, por último, facilitar su mantenimiento dentro del uso que se le vaya a dar. Por lo tanto, hay que reparar el edificio.

En cualquier caso, se debe huir de intervenciones en las que se haga una consideración parcial del problema (técnica, formal o histórica) y asegurar siempre la consideración global (arquitectónica): RESTAURAR + REHABILITAR + REPARAR.

Diseñado el proyecto de intervención se continúa con la ejecución de las acciones o el tratamiento definido en este, el cual deberá erradicar o corregir a la edificación de las lesiones y deterioros que la afectan. En el proyecto deben haberse considerado las técnicas que se van a emplear; los materiales seleccionados, los cuales deben ser compatibles con el soporte para así garantizar la durabilidad de la obra; los equipos y herramientas para realizar la reparación con resultados satisfactorios; así como también el empleo de personal calificado y especializado en el tema de la rehabilitación o de la conservación.

Cuando se actúa en una edificación, independiente de que esta sea considerada patrimonio histórico, se persigue el objetivo, entre otros, de protegerla de los agentes externos que producen su deterioro, por lo que se debe velar por la compatibilidad entre los materiales empleados en la intervención y los originales encontrados en ella.

La intervención o no intervención de la edificación implica que esta debe ser controlada y observada por un tiempo prolongado. Así, las acciones por realizar son de seguimiento y mantenimiento, lo cual incluye realizar un control de la ejecución del tratamiento desde el momento en que se

inicia hasta su puesta en marcha. Esta etapa es una de las más importantes, ya que prácticamente de ella depende el éxito de la intervención.

La intervención deberá contar con un programa de mantenimiento, el cual se basará fundamentalmente en los puntos más críticos detectados en la fase del diagnóstico. El programa de mantenimiento estará compuesto por un grupo de actividades, las cuales aseguren la preservación de la edificación y aumenten o garanticen su vida útil.

Par comprobar la efectividad del tratamiento ejecutado se debe realizar una evaluación del mismo hasta un año después de su puesta en marcha; el éxito o fracaso del trabajo de diagnóstico se verificará en este momento. En caso de no ser satisfactorio habrá que hacer un nuevo diagnóstico.

Los aspectos más importantes que toda propuesta de seguimiento y mantenimiento debe incluir son:

- Revisiones visuales periódicas de los elementos o de las superficies reparadas, con el objeto de comprobar su estado, la posible aparición de nuevas lesiones y en general su integridad.
- Reposición del material de acabado si es del caso, el cual estará en función de su tipo y de su nivel de exposición, y además de la clase de ambiente en el que está situado; partiendo de la base de que los materiales de acabado tienen una vida útil limitada.
- Limpieza periódica de superficies y elementos drenantes; no hay duda de que muchos de los procesos patológicos tienen su origen en la acumulación de partículas de suciedad. Así mismo, muchas humedades de filtración se originan como consecuencia de obstrucciones en canales y bajantes.

Terminadas las acciones que comprende esta fase se archivará toda la información obtenida en las fases anteriores, los estudios, ensayos, modelos, informes, fichas, planos, etc., con el objetivo de que sirvan de consulta para otros casos y además como insumos para futuras intervenciones que se le realicen al inmueble.

Lo expuesto anteriormente constituye una metodología de investigación para el estudio patológico, sirve como herramienta que facilita la recolección de información, su registro mediante guías que tienen por objetivo evaluar de una manera rápida la edificación o una de sus partes. Así mismo, se han tomado como referente las historias clínicas, los diagnósticos y los tratamientos que establecen los profesionales de la medicina en el estudio de las enfermedades de sus pacientes.

REFERENCIAS

- Barreto, J. (2010). Fotografía. En Haití, cinco años después del seísmo, *El País*. Recuperado el 3 de mayo de 2018, de <https://bit.ly/31ltQDY>
- Beltrán, E. (2000). *El paisaje natural de los volcanes históricos de Tenerife*. España: Las Palmas de Gran Canaria, Fundación Canaria Mapfre-Guanarteme,
- Borrero, H. (1989). *Arquitectura y clima. Referida a condiciones tropicales en Colombia*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Arquitectura.
- Broto, C. (2006). *Tratado Broto de construcción. Patología de los materiales*. Barcelona. España: Comerma Jonkers.
- Casanovas, X. (1996). El mantenimiento de edificios. *Revista Montajes e Instalaciones*, 26(293), 87-92.
- Casas, L. H. (2001). *Suelos y cimentaciones texto para arquitectos y profesionales afines*. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Arquitectura, CITCE.
- Collins, B. & Dunne, T. (1986). Erosion of Tephra from 1980 eruption of Mount St. Helens. *Geol. Soc. Am. Bull*, 97, 896-905.
- Colombia, Presidencia de la República (1984). *Decreto 1400 del 7 de junio/84. Por el cual se adopta el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Colombia, Presidencia de la República (1998). *Decreto 33 del 9 de enero de 1998. Requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo-resistentes NSR-98*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Colombia, Presidencia de la República (2010). *Decreto 926 del 19 de marzo del 2010. Requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo-resistentes NSR-98*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- CYTED, Subprograma XV, Corrosión/Impacto ambiental sobre materiales (1998). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. S. l.: Autor.
- Departamento Nacional de Planeación (1985). *Estudio nacional de aguas*. Colombia: DNP.

- Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) (2008). *Definición de: patología, reparación, rehabilitar y restauración*. Madrid, España: Editorial Espasa.
- Duque E., G. (2010). *Sismos y volcanes en Colombia*. Documento de trabajo. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Fernández, L. R. (1998). Conservación y mantenimiento de los edificios. Conceptos y metodología para un abordaje eficiente. En *Seminario sobre patología y calidad en la construcción*. Julio 22, 23 y 24 de 1998. Sociedad de Arquitectos del Uruguay.
- Helene, P. y Pereira, F. (2007). *Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto*. Sao Paulo, Brasil: Cargraphics.
- Inbar, M., Lugo-Hubt, J. y Villers, L. (1994). The geomorphological evolution of the Paricutincone and lava flows, México, 1943-1990. *Geomorphology*, 9, 57-76.
- Jiménez, F. (2002). *Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Lockridge, P. (1985). Tsunamis in Peru - Chile. En *Report SE-39, World Data Center A for Solid Earth Geophysics*, p. 97. EE. UU.
- Losada Lozano, Á. (2008). *La piel del edificio. Acabados arquitectónicos de superficie*. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Programa Editorial.
- Maskrey, A. (comp.) (1993). *Los desastres no son naturales*. S. l.: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Monjo Carrió, J. (2008). La intervención en los edificios, una actuación “arquitectónica”. *Restaurar*, 1, 30-32.
- Monjo Carrió, J. (1991). *Patología Conservación y Restauración de Edificios* [curso]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Presidencia de la Republica de Colombia. Ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior (2010). *Decreto 926 del 19 de marzo del 2010*. NSR-10. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente.
- O'Connor, J. J. y Robertson, E. F. (2002). *Evangelista Torricelli*. MacTutor History of Mathematics and Science. Recuperado el 13 de marzo de 2009, de <https://bit.ly/2K9iKg3>
- OPS (1997). Guía para identificar problemas de deslizamientos. *Estudio de caso: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos*. Lima: CEPIS. Recuperado el 13 de marzo de 2018, de <http://helid.digicollection.org/en/d/Jh0206s>
- Polanco, C. (2001). *Inventario y sistematización de los desastres naturales ocurridos en los municipios del departamento de Antioquia, exceptuando los municipios del valle del Aburrá, entre 1920-1999*. Medellín: Universidad Eafit.

- Robert R&N (2009). Galería. *Flickr*. Recuperado el 20 de abril de 2018, de <https://bit.ly/2Ibijzq>
- Rodríguez, V. (2004). *Manual de patología de la edificación*. España: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Tecnología de la Edificación EUATM.
- Romero, C. (1991). *Las manifestaciones volcánicas históricas del archipiélago canario*. Santa Cruz de Tenerife, España: Consejería de Política Territorial, Gobierno Autónomo de Canarias.
- Sidle, P. & O'Loughlin, C. (1985). *Hillslope stability and land use*. Washington, DC: American Geophysical Union.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Swanson, F., Collins, B., Dunne, T. & Wicherki, B. (1983). Erosion of tephra from hillslope near Mount St. Helens and other volcanoes. En *Symp. On Erosion Controls in Volcanic Areas*, Seattle, July 1982. Ibaraki, Japan: Public Works Research Institute.
- Van Dorn, W. G. (1965). Tsunamis. En *Advances in Hydroscience*, vol. 2. New York: Academic Press.
- Wegener, A. L. (1912). Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 58: 185-195, 253-256, 305-309 [Traducción al español de Cándido Manuel García Cruz en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 20, n.º 1, pp. 27-63 (2012), monográfico dedicado al Primer centenario de la deriva continental].

ANEXO 1
ESTUDIO PATOLÓGICO
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN ACERCA DE LA EDIFICACIÓN

I. Datos generales					
1. Identificación					
1.1. Nombre del proyecto		1.4 Diseñador			
1.2 Localización		1.5 Promotor			
1.3 Fecha construcción		1.6 Constructor			
2. Características					
2.1 Uso	Vivienda ☐	Servicios complementarios ☐		Otros ☐	¿Cuál?
2.2. Tipo de vivienda	Aislada ☐	Pareada ☐	De conjunto ☐	Entre medianeras	Observaciones
2.3 Área construida	Menor a 30 m ²	Entre 30 y 60 m ² ☐	Mayor a 60 m ² ☐	Observaciones	
2.4 Área del lote	Menor a 60 m ²	Entre 60 y 90 m ² ☐	Mayor a 90 m ² ☐	Observaciones	
2.5 Número de pisos	1 piso ☐	2 pisos ☐	2 o más pisos ☐	Observaciones	
2.6 Número de unidades	Menor a 5 unidades ☐	Entre 5 y 20 unidades ☐	Más de 20 unidades ☐	Observaciones	
2.7 Sistema constructivo	Tradicional o convencional ☐		No convencional ☐	Observaciones	
II. Descripción del medio físico-características del sitio					
1. Situación geográfica y aspectos geológicos					
1.1 Zona geográfica	Litoral, llanura, costera ☐	Andina, montaña ☐	Valle, planicie ☐	Observaciones	
1.2 Zona de amenaza o riesgo sísmico	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
1.3 Localización	Urbana ☐	Periurbana ☐	Rural ☐	Observaciones	
2. Clima					
2.1 Altitud	Entre 0 y 1000 m ☐	Entre 1000 y 2000 m ☐	Entre 2000 y 3000 m ☐	Más de 3000 m ☐	Observaciones
2.2 Temperatura	Alta mayor 23 °C ☐	Media 17,5 y 23 °C ☐	Media baja 12 y 17,5 °C ☐	Baja menor a 12 °C ☐	
2.3 Humedad relativa	Alta entre 75 % y 100 % ☐	Media entre 50 % y 75 % ☐	Baja menor al 50 % ☐	Observaciones	
2.4 Radiación solar	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
2.5 Régimen de vientos	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3. Terreno y vegetación					
3.1 Topografía	Menor al 5 % ☐	Entre 5 % y 10 % ☐	Entre 10 % y 20 % ☐	Mayor de 20 % ☐	
3.2 Naturaleza del terreno	Sedimentos ☐	Residuales ☐	Observaciones		
3.3 Nivel freático	Superficial ☐	Medio ☐	Profundo ☐	Observaciones	
3.4 Vegetación	Escasa ☐	Media ☐	Abundante ☐	Observaciones	
3.5 Tipo de vegetación	Arbustos ☐	Árboles ☐	Raíz profunda ☐	Raíz superficial ☐	Observaciones
III. Datos particulares de la edificación					
1. Sistema de sustentación					
1.1 Terreno	Natural ☐	Conformado o mejorado ☐	Observaciones		
1.2 Cimentación	Puntual ☐	Lineal ☐	De superficie amplia ☐	Tridimensional ☐	
2. Sistema portante					
2.1 Tipo de estructura	Lineal o esquelético ☐	Plana ☐	Plano lineal ☐	Tridimensional ☐	Observaciones
2.2 Elementos verticales material	2.2.1 Columnas ☐	Guadua ☐	Madera ☐	Acero ☐	Concreto armado ☐
	2.2.2 Muros ☐	Mampostería ☐	Tendinoso ☐	Concreto ☐	Observaciones
2.3 Elementos horizontales material	2.3.1 Columnas ☐	Guadua ☐	Madera ☐	Acero ☐	Concreto armado ☐
	2.3.2 Losas ☐	Guadua ☐	Madera ☐	Acero ☐	Concreto armado ☐
3. Sistema de cerramiento					
3.1 Elementos verticales materiales	3.1.1 Muros y tabiques ☐	Mampostería ☐	Tendinoso ☐	Concreto armado ☐	Panel yeso ☐
	3.1.2 Paneles ☐	Asbesto cemento ☐	Ferro cemento ☐	Metal ☐	Madera ☐
	3.1.3 Puertas ☐	Madera ☐	Metal ☐	Observaciones	
	3.1.4 Ventanas ☐	Madera ☐	Metal ☐	Observaciones	
3.2 Elementos horizontales materiales	3.2.1 Pisos ☐	Concreto ☐	Cerámica ☐	Madera ☐	Observaciones
	3.2.2 Cubiertas ☐	Teja de barro ☐	Teja de asbesto cemento ☐	Teja metálica ☐	Losa en concreto armado ☐
	3.2.3 Cielos rasos ☐	Madera ☐	Esterilla y mortero ☐	Malla y mortero ☐	
4. Sistema de servicio					
4.1 Instalaciones abastecimiento	4.1.1 Agua potable ☐	Sistema de pozo o tanque ☐	Sistema de acueducto ☐		
	4.1.2 Energía ☐	Planta ☐	Termoeléctrica ☐	Hidroeléctrica ☐	Otra ☐
	4.2.1 Sistema de aguas residuales (agua lluvia, agua negra) ☐		Separado ☐		
4.2 Instalaciones desechos	4.2.1.1 Sistema separado (aguas negras) ☐	Pozo séptico ☐	Planta de tratamiento ☐	Combinado ☐	
	4.2.1.2 Sistema combinado ☐	Pozo séptico ☐	Planta de tratamiento ☐		
	4.2.2 Sistema de basuras ☐	Depósitos orgánicos ☐	Depósitos orgánicos ☐		

IV. Evaluación estructural de la edificación					
1. Características de la edificación					
1.1 Edad	Menor a 3 años ☐	Entre 3 y 5 años ☐	Entre 5 y 10 años ☐	Mayor de 10 años ☐	Observaciones
1.2 Estado actual	Bueno ☐	Regular ☐	Malo ☐	Observaciones	
1.3 Adiciones	Menores ☐	Mayores ☐	¿Cuáles?		
1.4 Cambios de uso	Sí ☐	No ☐	¿Cuáles?		
2. Configuración estructural					
2.1 Geometría	Regular o simétrica ☐	Irregular o asimétrica ☐	Observaciones		
2.2 Posición	Muros portantes longitudinales ☐		Metros de muros postantes longitudinales ☐		
	Muros portantes transversales ☐		Metros de muros postantes portantes transversales ☐		
2.3 Voladizos	En un lado ☐	En dos lados ☐	Observaciones		
2.4 Aleros	En un lado ☐	En dos lados ☐	En tres lados ☐	Observaciones	
2.5 Vacíos	Vanos de puertas ☐	Distribución simétrica ☐	Distribución asimétrica ☐	Observaciones	
	Vanos de ventanas ☐	Distribución simétrica ☐	Distribución asimétrica ☐	Observaciones	
3. Relación dimensional (largo/ancho/alto)					
3.1 Proporción	Relación 1:1 ☐	Relación 1:2 ☐	Relación 1:3 ☐	Relación 1:4 ☐	Observaciones
3.2 Modulación	Módulo base ☐	Módulo aleatorio ☐	Observaciones		
4. Continuidad estructural					
Continua ☐	Discontinua ☐	Bien conectada ☐	Mal conectada ☐	Equilibrada o compensada ☐	Desequilibrada o descompensada ☐
5. Vulnerabilidad					
Alta ☐	Media ☐			Observaciones	
V. Comportamiento ante condiciones ambientales (acciones de origen natural o por acciones directas o indirectas del hombre)					
Integridad ante:					
1. Acciones físicas-sismos					
Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones		
2. Acciones mecánicas					
2.1 Cargas permanentes en elementos estructurales portantes	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
2.2 Cargas propias en elementos estructurales portantes	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3. Acciones climáticas					
3.1 Agua	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3.2 Sol	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3.3 Viento	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
4. Acciones biológicas					
4.1 Animales de pequeño tamaño (insectos, etc.)	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
4.2 Animales de gran tamaño	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
4.3 Plantas de pequeño porte (hongos, etc.)	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
4.4 Plantas de gran porte (raíces)	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
5. Acciones químicas					
5.1 Sales	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
5.2 Ácidos o álcalis	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
5.3 Oxidación y corrosión	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
Seguridad ante:					
1. Acciones directas del hombre					
1.1 Intruismo	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
1.2 Vandalismo	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
1.3 Terrorismo	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
2. Acciones indirectas del hombre					
2.1 Contaminación	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
2.2 Fuego	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3. Confort ambiental					
3.1 Hidrotérmico	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3.2 Higiénico	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3.3 Acústico	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
3.4 Lumínico	Alta ☐	Media ☐	Baja ☐	Observaciones	
4. Composición					
4.1 Geometría	Armónica ☐	Desarmónica ☐	Observaciones		
4.2 Posibilidad de uso de color	Sí ☐	No ☐	¿Cuál?		

VI. Daños en la edificación					
El propósito es identificar los daños o lesiones que se han presentado en la edificación:					
1. Fisuras o grietas					
1.1 De orden físico	Fisuras de ahogado ☐	Fisuras por expansión ☐	Fisuras por retracción ☐	Fisuras por retracción y dilatación térmica	
1.2 De orden mecánico	Movimiento de enfocado ☐	Acción de cargas ☐	Asientos de hormigonado ☐	Comportamiento estructural ☐	Grifado ☐
	Unión entre elementos ☐	Observaciones			
1.3 De orden químico	Corrosión ☐	Observaciones			
2. Erosión					
2.1 Física (agentes atmosféricos) ☐	2.2 Mecánica (meteorización) ☐	Observaciones			
3. Deformaciones					
3.1 Pandeos ☐	3.2 Alabeos ☐	3.3 Desplomes ☐	Observaciones		
4. Humedades					
4.1 De infiltración ☐	4.2 Capilar ☐	4.3 Condensación ☐	4.4 Accidental o de uso ☐	4.5 De construcción ☐	
5. Eflorescencias					
5.1 Capa vidriosa ☐	5.2 Pelusa ☐	Observaciones			
6. Desprendimiento					
6.1 Impacto ☐	6.2 Vibración ☐	6.3 Problemas de adherencia ☐	Observaciones		
7. Corrosión					
7.1 Localizada ☐	7.2 Uniforme ☐	7.3 Galvánica ☐	Observaciones		



Programa ditorial

Ciudad Universitaria, Meléndez
Cali, Colombia

Teléfonos: (+57) 602 321 2227
602 321 2100 ext. 7687

<http://programaeditorial.univalle.edu.co>
programa.editorial@correounivalle.edu.co

¡ S í g u e n o s !

   | [programaeditorialunivalle](http://programaeditorialunivalle.edu.co)