



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
TECNOLOGÍA**

**PATOLOGÍA DE EDIFICIOS ENFOCADA A LAS LECCIONES APRENDIDAS.  
TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA**

**PRESENTA:**

LIC. EN ARQ. ROSAURA LEAL VELÁZQUEZ

**DIRECTOR DE TESIS**

MTRA. ING. PERLA RAFAEL SANTA ANA LOZADA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**SINODALES**

DR. ALBERTO MUCIÑO VELEZ  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
MTRO. ARQ. LEONARDO BERNARDO ZEEVAERT ALCÁNTARA  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES  
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA  
DRA. CLAUDIA CAROLINA TORRES GILLES  
FACULTAD DE URBANISMO Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.









## **Agradecimientos**

Infinitas gracias a mis padres,  
a cada persona que me ha acompañado en la “Maestría”,  
y aquellas que siempre están en mi mente.

La investigación patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas ha sido realizada con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



Durante la investigación patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas fue realizada una estancia en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.



## **Resumen**

Es obvio que nada es eterno y que todo edificio tiene un ciclo de vida, sin embargo, especialistas en patología de la construcción han detectado que la mayoría de las causas de lesiones identificadas en edificios se deben a decisiones omitidas o erróneas en los procesos de diseño y ejecución de obra; entender porqué y cómo se deterioran los edificios se convierte en una manera de aprender y generar tácticas para mejorar las prácticas de diseño y construcción, además de disminuir costos de mantenimiento, rehabilitación y conservación de inmuebles.

En esta investigación se ha creado un método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas, aplicable a cualquier tipo y edad de edificio; este método es manejable para arquitectos e ingenieros con o sin la especialidad en patología de la construcción.

El método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas está compuesto por dieciocho procesos repartidos en las etapas de conocimiento básico, conocimiento profundo, diagnóstico y recomendación de tratamiento; para su desarrollo fue necesario: i) estudiar algunos de los métodos de diagnóstico utilizados por especialistas en patología de la construcción, ii) integrar técnicas de administración de proyectos al método, y iii) probar el nuevo método en al menos dos casos de estudio.

Los resultados de la evaluación del nuevo método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas indicaron que: i) está listo para ser aplicado; ii) el trabajo interdisciplinario en los estudios patológicos genera asertividad en el diagnósticos y en las recomendaciones de tratamiento; iii) para que sea 100% innovador requiere mayor implementación de técnicas de inspección, análisis y uso de manejo de datos, aplicadas en otras disciplinas que generen mayor eficiencia en los estudios patológicos; ii) fue comprobado que más del 60% de las causas de las lesiones identificadas en edificios deteriorados son por decisiones equivocadas durante el diseño de edificios y su construcción.

En el desarrollo de la investigación Patología de Edificios Enfocada a las Lecciones Aprendidas, se comprobó que analizar por qué y cómo se deterioran los materiales por

medio de un método, genera información confiable para: i) aplicar tratamientos de mantenimiento, rehabilitación, remodelación y restauración de edificios que permitan el máximo de vida residual de los edificios a intervenir; ii) mejorar procesos de diseño de edificios y de ejecución de obra; iii) mejorar el diseño de materiales o la creación de nuevos.

El desarrollo y aplicación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas es el punto de partida para generar conocimiento que mejore la calidad de los edificios existentes y nuevos que respondan a las condiciones sociales, económicas y ambientales de este momento.



---

## Contenido

|  |     |
|--|-----|
| Resumen.   | i   |
| Introducción.  | iii |
| Capítulo I.  | 1   |
| 1. La patología en edificios.  | 1   |
| 1.1. La restauración y la patología de edificios.                                | 2   |
| 1.1.1. <i>Por qué recuperar edificios.</i>                                       | 2   |
| 1.1.2. <i>Restauración de edificios.</i>   | 4   |
| 1.1.3. <i>Surgimiento y evolución de la patología de edificio.</i>               | 5   |
| 1.2. La ciencia de la patología, el proceso patológico y el estudio patológico.  | 7   |
| 1.2.1. <i>Ciencia y método científico.</i>                                       | 7   |
| 1.2.2. <i>Proceso patológico en la construcción.</i>                             | 10  |
| 1.2.3. <i>El estudio patológico</i>  | 31  |
| Capítulo II.   | 46  |
| 2. Aportaciones con la elaboración de estudios patológicos.                      | 46  |
| 2.1. Aportación de especialistas en estructuras y en geotecnia.                  | 47  |
| 2.1.1. <i>Revisión y modificación de códigos y normas de diseño estructural.</i> | 48  |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.2. Mejoras en técnicas de cimentación y excavación de edificios.                                     | 49 |
| 2.1.3. Identificación de patrones de procesos patológicos.   | 50 |
| 2.1.4. Desarrollo de técnicas de reparación.   | 51 |
| 2.2. Aportaciones de especialistas en humedad en materiales  | 52 |
| 2.3. Integración de técnicas de la administración de proyectos a la elaboración de estudios patológicos. | 52 |
| 2.3.1. La administración de riesgos.   | 53 |
| 2.3.2. La planeación del proyecto.   | 58 |
| 2.3.3. La técnica de las lecciones aprendidas.   | 61 |
| 2.3.4. Análisis causa – efecto de Ishikawa.  | 62 |
| Capítulo III.  | 64 |
| 3. La patología de edificios vista como un sistema   | 64 |
| 3.1. Elemento eje, estudio patológico.   | 67 |
| 3.2. Órbita de elementos básicos.  | 67 |
| 3.2.1. Formatos.   | 67 |
| 3.2.2. Instrumentos.   | 67 |
| 3.2.3. Técnicas de análisis.   | 73 |
| 3.2.4. Datos de consulta.  | 73 |
| 3.3. Órbita de elementos secundarios.  | 73 |
| 3.3.1. Glosario  | 73 |

---

|  |    |
|--|----|
| 3.3.2. <i>Lecciones aprendidas.</i>  | 74 |
| 3.3.3. <i>Normatividad.</i>  | 74 |
| 3.4. Órbita de concentración de información.   | 74 |
| 3.5. Salida del modelo del sistema de patologías de edificios.   | 74 |
| 3.5.1. <i>Mantenimiento de edificios.</i>  | 75 |
| 3.5.2. <i>Intervención de edificios.</i>   | 75 |
| 3.5.3. <i>Difusión de conocimientos.</i>   | 76 |
| 3.5.4. <i>Información para el diseño de materiales.</i>  | 77 |
| 3.5.5. <i>Mejoramiento de los procesos de diseño y ejecución de obra.</i>  | 77 |
| Capítulo IV.   |    |
| 4. Método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas.                             | 78 |
| 4.1. Planteamiento general del método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas. | 79 |
| 4.1.1. <i>Definición de proceso para la elaboración de estudios patológicos.</i>                                       | 82 |
| 4.2. Etapa de conocimiento básico.   | 83 |
| 4.2.1. <i>Anamnesis</i>  | 84 |
| 4.2.2. <i>Identificación de lesiones y patrones patológicos.</i>   | 86 |
| 4.2.3. <i>Planteamiento de hipótesis.</i>  | 88 |
| 4.2.4. <i>Expediente de conocimiento básico.</i>   | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.3. Etapa de conocimiento profundo.   | 91  |
| 4.3.1. Selección de lesiones y áreas a estudiar  | 91  |
| 4.3.2. Planeación de estudios especializados.  | 92  |
| 4.3.3. Ejecución de estudios especializados.   | 94  |
| 4.3.4. Revisión de hipótesis.  | 95  |
| 4.3.5. Expediente de conocimiento profundo.  | 95  |
| 4.4. Etapa de diagnóstico.   | 96  |
| 4.4.1. Comprobación de hipótesis.  | 96  |
| 4.4.2. Determinación de gravedad de lesiones.  | 98  |
| 4.4.3. Redacción de informe de diagnóstico.  | 99  |
| 4.4.4. Expediente de diagnóstico.  | 101 |
| 4.5. Etapa de recomendación de tratamiento.  | 102 |
| 4.5.1. Definición del tipo de intervención.  | 102 |
| 4.5.2. Determinación del tratamiento.  | 103 |
| 4.5.3. Expediente de recomendación del tratamiento.  | 104 |
| Capítulo V.  |     |
| 5. Evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.                               | 105 |
| 5.1. Resultados generales de la calibración del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas. | 109 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 5.1.1. Resultado de evaluación de objetivos.                                 | 109 |
| 5.1.2. Resultado de evaluación de aportación.                                | 112 |
| 5.1.3. Cumplimiento de la propiedad de “ser universal”                       | 115 |
| 5.1.4. Identificación de porcentajes de causas directas e indirectas.        | 115 |
| 5.2. Caso de estudio 1: Liceo Metropolitano para Adultos en Santiago, Chile. | 119 |
| 5.2.1. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento básico.           | 125 |
| 5.2.2. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento profundo.         | 130 |
| 5.2.3. Resultados y evaluación de la etapa de diagnóstico                    | 136 |
| 5.2.4. Resultados y evaluación de la etapa de recomendación de tratamiento   | 139 |
| 5.2.5. Lecciones aprendidas detectadas de causas y patrones patológicos.     | 141 |
| 5.3. Caso de estudio 2: Gimnasio en la Ciudad de México, México.             | 145 |
| 5.3.1. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento básico.           | 147 |
| 5.3.2. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento profundo.         | 149 |
| 5.3.3. Resultados y evaluación de la etapa de diagnóstico                    | 150 |
| 5.3.4. Resultados y evaluación de la etapa de recomendación de tratamiento   | 155 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>5.3.5. Lecciones aprendidas de causas y patrones<br/>patológicos.</i> | 156 |
| Conclusiones.  | 159 |
| Glosario.  | 169 |
| Anexo A.   | 170 |
| Contenido de tablas.   | 207 |
| Contenido de figuras.  | 209 |
| Bibliografía.  | 212 |

## Introducción

La patología de la construcción es una ciencia relativamente joven; en esta investigación la *Restauración de edificios* es considerada como la primera disciplina ocupada en la conservación de inmuebles, y coloca los orígenes de la patología de edificios en la inquietud de conocer y analizar los motivos de fallas en edificios, con la finalidad de entender cómo y porque se deterioran los materiales, para aprender de los errores y no cometerlos nuevamente.

Especialistas en patología de la construcción han publicado resultados de investigaciones mostrando que:

- i) El costo de mantenimiento de viviendas en toda su vida útil es aproximadamente de dos a dos punto cinco veces su costo de gestación (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)
- ii) La ley de Sitter es representativa en los costos de intervención de edificios por procesos patológicos desde el punto de vista de análisis de causas (Bernal, 2012)
- iii) La mayor cantidad de la causas de lesiones en edificios se deben a errores de diseño y ejecución de obra (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)
- iv) Establecer métodos para la elaboración de estudios patológicos y el uso de base de datos para hacer eficiente el manejo de información y conocimiento producto del análisis de fallas en edificios es de interés de especialistas en patología de la construcción.
- v) Los resultados que se obtienen a partir de estudios patológicos arrojan información para la toma de decisiones de acciones sustentables en el diseño, ejecución de obra y mantenimiento de edificios.

La patología de la construcción es un tema amplio del que se desprenden diversas líneas de investigación. En esta investigación se aborda *La Patología de Edificios Enfocada en las Lecciones Aprendidas* con el objetivo general de *crear un método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas que sea funcional para todo tipo de edificio* y se analice dos hipótesis principalmente: i) es viable que el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas sea útil para edificios de cualquier uso, edad y ubicación geográfica, el cual entregue

resultados para: diagnósticos, recomendaciones de tratamientos, y “aprendizaje para mejorar procesos de diseño y obra”; ii) estudios realizados por especialistas en patología identifican que el mayor porcentaje de causas se deben a cuestiones antropogénicas, así que la utilización de lecciones aprendidas al desarrollar estudios patológicos puede ser un medio para desarrollar estadísticas de causas en los procesos patológicos en edificios y determinar las acciones convenientes para que las fallas cometidas no se repitan en nuevos proyectos

Para cumplir el objetivo general y probar las hipótesis mencionadas en los párrafos anteriores se determinaron las siguientes acciones.

- i) Analizar diferentes opciones planteadas por especialistas en patología de la construcción.
- ii) Identificar herramientas de otras áreas como lo es la administración de proyectos que faciliten la elaboración de estudios patológicos.
- iii) Plantear el nuevo método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.
- iv) Aplicar el nuevo método en al menos dos casos de estudio, los edificios analizados cumplieron con las características de ser diferentes en su uso, edad y ubicación geográfica.
- v) Evaluar el método, a través de técnicas de mejora continua.

El presente documento es la síntesis de los resultados de la investigación realizada durante los dos años de estudios de Maestría en Arquitectura.

El primer capítulo, titulado *La patología en edificios*, muestra: i) algunas razones por las que se recuperan los edificios, ii) la teoría de esta investigación de cómo nace y evoluciona la patología de edificios; iii) los fundamentos para establecer la discusión sobre la consideración de la patología de la construcción como ciencia, tecnología o tecnociencia; y iv) la descripción de los conceptos de proceso patológico y estudio patológico.

El segundo capítulo, *Aportaciones con la elaboración de estudios patológicos*, es la revisión de técnicas e instrumentos que diferentes especialistas relacionados a la patología de la construcción han adaptado a los estudios patológicos con éxito, así como la propuesta de integración de técnicas de la administración de proyectos a la elaboración de estudios patológicos.



Las técnicas de la administración de proyectos que se han integrado al nuevo método para elaborar estudios patológicos fueron enfocadas a: i) establecer un proceso para priorizar las tareas de intervención de un edificio caso de estudio, considerando los procesos patológicos como riesgos; ii) coordinar el trabajo interdisciplinario de especialistas durante la etapa de conocimiento profundo, estableciendo la planeación de trabajos especializados como se sugiere se realice en la administración de proyectos; iii) análisis de causas, utilizando el diagrama de Ishikawa; iv) entender la técnica de las lecciones aprendidas para aplicarlas en el entendimiento de causas de lesiones en edificios.

El tercer capítulo, *La patología de edificios vista como un sistema*, es una opción de visualización de la patología de la construcción diferente, donde el eje del sistema es la elaboración de estudios patológicos. Esta es una de las razones por las que la investigación de tesis se enfatizó a la elaboración de un nuevo método para la elaboración de estudios patológicos.

El cuarto y quinto capítulo, *Método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas y Evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas*, son la explicación del método y su aplicación en dos casos de estudio, lo que probó que es un método útil para determinar: i) diagnósticos de edificios, ii) recomendación de tratamientos de intervención, iii) causas de lesiones para convertirlas en aprendizaje, y iv) ser el punto de partida para emprender nuevas líneas de investigación.

Entender, crear y aplicar un método para la elaboración de estudios patológicos, permite comprender la importancia de conocer las propiedades de los materiales y su relación con el medio ambiente y las acciones antropogénicas a las que están expuestos, y reconocer que es necesaria la especialización de arquitectos en la patología de los edificios, que sean conscientes de que proyectar espacios involucra el diseño de la vida útil de materiales, sistemas constructivos y del edificio por completo, que toda buena práctica y decisión en el diseño y construcción de inmuebles será cuantificable en los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y restauración.

Para finalizar, este trabajo de tesis de investigación es la depuración de los conocimientos adquiridos durante los dos años de estudio de Maestría en Arquitectura en el área de Tecnología, con el cual se cierra una primera etapa de la investigación *Patología de Edificios Enfocada a las Lecciones Aprendidas*.

## Capítulo I.



### 1. La patología en edificios.

## 1.1. La restauración y la patología de edificios.

### 1.1.1. Por qué recuperar edificios.

La voluntad de reparar las construcciones es tan antigua como la aparición del primer edificio deteriorado.

Un inmueble es un producto de la necesidad humana y como tal tiene una vida útil, que con el tiempo y uso disminuye; de acuerdo a diferentes definiciones *la vida útil de un edificio* es la expectativa de años en funcionamiento con la misma seguridad y eficiencia con las que fue diseñado.

Si se consideran los elementos básicos determinados por Vitrubio también se debe tomar en cuenta la belleza; Leland menciona el parafraseo de Henry Wotten sobre el significado de utilidad, solidez y belleza indicados por Vitrubio en el año 25 a.C. “por utilidad Vitrubio entendía la disposición de las habitaciones y los espacios de forma y manera que no hubiera trabas a su uso y que el edificio se adaptara perfectamente a su emplazamiento. Por solidez entendía que los cimientos debían ser sólidos y los materiales de construcción debían ser juiciosamente elegidos. Belleza significaba para él que el aspecto de la obra es agradable y de buen gusto y que sus elementos están adecuadamente proporcionados con arreglo a los principios de la simetría” (Roth, 2010).

Por lo tanto, *la vida útil de un edificio debe ser la expectativa de años en funcionamiento correcto de sus espacios y sistemas constructivos, además de la conservación de su aspecto agradable y de buen gusto.*

Uno de los temas a solucionar entre los especialistas en patología y mantenimiento de edificios es establecer un consenso del periodo de vida útil de los edificios; como ejemplo de la problemática se presentan dos puntos de vista.

El primero es la “guía de vida útil estimada y porcentajes de depreciación”<sup>1</sup>, la cual considera que las viviendas tienen 50 años de vida útil y los edificios no habitacionales 30 años. (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2012)

---

<sup>1</sup> Esta guía es una tabla que indica los años de vida útil y el porcentaje de depreciación de diferentes objetos, entre ellos: i) viviendas, ii) edificios no habitacionales, iii) infraestructura, y la catalogación de iv) otros bienes inmuebles; su aplicación es para cuestiones contables y fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en México el 15 de agosto del 2012, en internet se encuentra en el siguiente sitio web: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012)

El segundo ejemplo es lo mencionado por Chávez y Álvarez quienes están de acuerdo con los tiempos de durabilidad de materiales considerados por el Arq. Enrique Tápanes Moreno, quien establece tres grados de durabilidad: i) gran durabilidad de 40 a más años, como son cimientos de concreto armado<sup>2</sup>, ii) media durabilidad entre 5 y 40 años, como son pisos de barro<sup>3</sup>, y iii) poca durabilidad con menos de 5 años, como son pinturas<sup>4</sup>, (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008).

Ampliar la vida útil de un edificio significa la conservación de capital, patrimonio, e historia del lugar, de ahí la importancia de los estudios patológicos, trabajos de recuperación, y mantenimiento de los inmuebles.

Lo comentado por los autores mencionados clarifica por qué y en qué momento se deben recuperar los edificios, ellos mencionan que: "...para un edificio de varias plantas y de grandes paneles se presupone una explotación (vida útil) de 120 a 150 años, que puede considerarse el periodo de garantía de servicio del edificio." Y que "...la experiencia internacional muestra que las edificaciones con 50 a 70 años en las que se ha llevado a cabo un mantenimiento sistemático ligado a las reparaciones puntuales necesarias, se encuentran en mejores condiciones de uso y habitabilidad que la edificación de origen."

Por lo tanto, estudiar el deterioro en los edificios, recuperarlos y mantenerlos al inicio de la tercera etapa de su vida útil, significa prolongar las inversiones de bienes raíces y en algunos casos incrementarlas, además de mantener testigos vivos de acontecimientos culturales e históricos.

Para saber cómo conservar y recuperar edificios es importante conocer los factores relacionados con la vida útil, nuevamente Chávez y Álvarez plantean los siguientes factores a tener en cuenta: " i) tipología de la construcción, ii) calidad y durabilidad de los materiales utilizados en sus elementos componentes, iii) calidad de ejecución de la obra, iv) mantenimiento adecuado, v) reparación inmediata de los deterioros, vi) uso adecuado y acorde con lo proyectado, y vii) cuidado correcto de toda la edificación y de sus exteriores.

---

<sup>2</sup> En el libro "Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones", los autores presentan la tabla que desarrollo el Arq. Enrique Tápanes Moreno, en la cual indica que el concreto armado tiene una durabilidad de 80 a 100 años.

<sup>3</sup> De la misma fuente de la nota dos se obtiene que los pisos de barro tienen una duración de 20 a 40 años.

<sup>4</sup> De la misma fuente de la nota dos se obtiene que las pinturas llegan a durar entre 5 a 10 años.

La intención de recuperar los edificios depende del valor que les dan sus propietarios, poblaciones, y gobiernos. El valor de un edificio es monetario, cultural e histórico, por lo tanto dependiendo del grado del valor de los inmuebles estos son conservados, rehabilitados, recuperados o demolidos. Para tomar cualquier decisión del tipo de intervención en los edificios es necesario conocer su estado de deterioro y es en este punto donde la patología de edificios interviene a través de *estudios patológicos*.

### 1.1.2. Restauración de edificios.

La restauración fue la primera disciplina formal dedicada a la recuperación de inmuebles con valor histórico.

Como referencia se tienen tres personajes de la restauración y un par de puntos de la Carta de Atenas<sup>5</sup>.

El primero de los tres personajes es Viollet Le Duc<sup>6</sup>, él consideraba que los edificios debían ser restituidos hasta un estado que físicamente no lo habían logrado en su momento, para ello en cada uno de sus trabajos constató la época exacta de construcción y el carácter de cada pieza para su reparación apoyándose en documentación, notas y levantamientos gráficos.

El segundo personaje es John Ruskin<sup>7</sup>, quien estaba convencido que los edificios debían cumplir su ciclo de vida permitir que se deterioraran como parte de su naturaleza, recuperarlos era quitarles su autenticidad.

---

<sup>5</sup> De manera aclaratoria la “Carta de Atenas” mencionada en este documento es la primera carta de restauración la cual fue aprobada por el Tercer Congreso de Ingenieros y Arquitectos Italianos, en 1883 y posteriormente de manera internacional en 1931.

Sert y Le Coubusier publicaron en 1942 la “Carta de Atenas”, que es un manifiesto urbanístico que contiene las ideas y posiciones de los arquitectos de la época de la Arquitectura Moderna, dicha carta no ha sido considerada en esta investigación

<sup>6</sup> Arquitecto francés (1814 – 1879) considerado como un arquitecto intrépido que restauró el *château de Pierrefonds*, la iglesia de Vézelay, las catedrales de Laon, Amiens y Notre Dame, entre otras obras arquitectónicas.

<sup>7</sup> John Ruskin, inglés (1819 – 1900), pintor, sociólogo, economista y crítico de arte antagonista a Viollet Le Duc (ambos contemporáneos).

El tercer personaje es Camilo Boito<sup>8</sup>, estableciendo principios dirigidos al respeto de la autenticidad de los edificios. Uno de estos principios recomienda registrar los procesos de los trabajos de restauración con planos, fotografías, documentos y publicaciones.

Actualmente se considera restauración a “la intervención a fin de mantener y transmitir hacia el futuro el patrimonio cultural en toda su integridad” (Larios Villalta, 2009); patrimonio cultural se define como: i) “aquellos productos culturales tangible o intangible (materiales o inmateriales) que tienen un valor excepcional para una colectividad social determinada y que forma parte fundamental de su identidad cultural” (Cottom, 2001), ii) “son los objetos tangibles e intangibles, paleontológicos, arqueológicos, históricos y etnológicos, competencia del Instituto Nacional de Antropología e Historia” (Instituto Nacional de Antropología e Historia, s.f.); así que todo inmueble que sea testigo de la historia de un pueblo es patrimonio cultural y candidato a ser restaurado. El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), considera monumentos históricos aquellos inmuebles que datan del siglo XVI al XIX destinados para cultos religiosos, de educación, asistencia y de uso militar y civil.

En 1931, durante un congreso de especialistas en restauración fue aprobada la carta de Atenas, dicha carta establece entre varios asuntos que los proyectos de restauración deben someterse a la crítica con la finalidad de prevenir errores que dañen el carácter del elemento o su valor histórico y considera necesaria la intervención de especialistas de física, química y ciencias naturales a los trabajos de equipo de conservadores de monumentos y arquitectos, con la finalidad de conseguir resultados con mayor calificación.

De tal manera que la restauración en arquitectura se convierte en la disciplina de conservación y recuperación de monumentos que tengan un valor cultural, de manera específica en México se refiere a aquellos que datan del siglo XVI a XIX, quedando fuera de esta disciplina los edificios del siglo XX, actuales o aquellos que su valor patrimonial es solo para una persona o un pequeño grupo de estas, como lo puede ser una vivienda para una familia.

### 1.1.3. Surgimiento y evolución de la patología de edificios.

Aprender de los errores es común para el ser humano, de ahí que en la industria de la construcción se analiza por qué fallan los edificios, lo que contribuye a prescribir los

---

<sup>8</sup> Arquitecto italiano (1836 – 1914) y padre de la restauración científica que concilio las corrientes de Viollet Le Duc y John Ruskin.

tratamientos adecuados para su reparación y a la vez registrar lo que no se debe hacer en futuros proyectos.

En 1856 el presidente del Instituto Británico de Ingeniería, Robert Stevenson (Fernández Canovas, 1984), mencionó lo siguiente: “los accidentes que habían tenido lugar durante los últimos años, debían ser recopilados, analizados y divulgados, puesto que nada sería tan útil e instructivo, para los jóvenes alumnos y los profesionales, como el conocimiento de los mismos y los medios empleados en su reparación.

La divulgación precisa de tales accidentes, los medios empleados para subsanar sus consecuencias, serían en realidad más valiosos que los millares de relatos auto elogiosos de los trabajos bien realizados que los constructores y órganos empresariales presentan al público y a sus accionistas.”

Casi un siglo después continuó la insistencia de registrar las fallas en edificios, entre 1938 a 1943 fue publicado en Hungría el primer cuadernillo de fallas por Károly Möler.

A partir de 1970 debido a la evolución de la tecnología, crisis ambientales y el uso masivo acumulado del concreto se generó un mayor impulso en la investigación del deterioro de construcciones, invariablemente que tuvieran o no un valor patrimonial cultural.

Cada vez se fueron generando con mayor continuidad nuevas herramientas para la documentación de fallas en la construcción, dos ejemplos suceden entre 1982 a 1990, cuando en Inglaterra fueron publicadas “La hoja de defectos y acciones” y “La guía de reparaciones correctas”, los cuales contienen ciento cuarenta y cuatro reportes que describen procesos patológicos y sus causas utilizando diagramas y fotografías.

Con el paso del tiempo se fue desarrollando la ciencia de la patología en la construcción, y al igual que la restauración los especialistas en patología se han reunido en congresos donde han mostrado y compartido nuevos conocimientos sobre el deterioro de los materiales; en 1993 en la reunión del World Building Congress (CIB) fueron presentados “El árbol de especificaciones de fallas y el informe de diagnóstico” como herramientas en la investigación de procesos patológicos.

Otro avance a destacar en la patología de la construcción fue la aplicación de la informática; en Francia de 1995 al 2003 se creó la “Fiche Pathologie du Bâtiment” la cual es una base de datos conectada a la web que recopila y maneja la información de procesos patológicos, creando una clasificación de los procesos patológicos referidos a los componentes de una casa.

En 2004 sucede que: i) en Italia fue publicado en medio electrónico el catálogo de patologías “Imparare dagli errori”; ii) en Portugal siete universidades generan una base de datos llamada PATORREB con ciento cincuenta estudios patológicos con acceso vía web abiertos a estudiantes y empresas privadas, por último iii) en Singapur crearon una base de datos de patologías en la construcción enfocada a temas de sustentabilidad integrando estadísticas, bibliografía y un manual de materiales.

La patología en la construcción inició con la recopilación y difusión de información de fallas en edificios con la finalidad de transmitir enseñanza y experiencia para el desarrollo de futuros proyectos<sup>9</sup>, después evoluciono con la adaptación de herramientas y técnicas de análisis y registro en los métodos para la investigación de las fallas en las construcciones y la elaboración de manuales de procesos patológicos, actualmente utiliza la informática para almacenar y manejar los datos arrojados por los casos de estudio de proceso patológicos, manuales y estadísticas. *Actualmente la patología en la construcción es considerada una ciencia.*

## **1.2. La ciencia de la patología, el proceso patológico y el estudio patológico.**

### 1.2.1. Ciencia y método científico.

El concepto de ciencia es controvertido y ligado al de tecnología, existen numerosas publicaciones sobre la discusión de definiciones, diferencias y el grado de complementariedad entre la ciencia y la tecnología.

A partir del siglo XIX la ciencia y la tecnología han trabajado cada vez más integrados, por lo que a toda esta ciencia contemporánea se le ha denominado tecnociencia.

---

<sup>9</sup> Como muestra de la gran importancia que tiene la patología de la construcción como medio de aprendizaje para alumnos de arquitectura, ingenieros y profesionales en práctica, es la consistencia en el tiempo sobre la creencia de aprender de los errores; el Presidente del Instituto Británico de Ingeniería, Robert Stevenson, en 1856, lo señaló, y un poco más de un siglo después Henry Lessier en un prólogo de libro publica: “Cada equivocación contiene en sí misma una enseñanza que con frecuencia es muy valiosa y pagada a buen precio, por lo que el estudio de los accidentes y de sus consecuencias debieran lógicamente formar parte de la enseñanza en nuestras escuelas con igual derecho que el de las construcciones normales”.



Para entender como la patología de edificios ha surgido de técnicas y herramientas de análisis hasta considerarse hoy una ciencia, y probablemente con la integración de los trabajos de investigación y aplicaciones actuales se pueda considerar tecnociencia, se tomaron algunos conceptos sobre ciencia en general y la ciencia de la patología en la construcción.

Núñez Jover<sup>10</sup>, menciona que “la ciencia se vincula a la adquisición de conocimientos, al proceso de conocer, cuyo ideal más tradicional es la verdad, en participar la teoría científica verdadera. La objetividad y el rigor son atributos de ese conocimiento”. (Núñez Jover, s.f.)

Pérez Tamayo<sup>11</sup>, define ciencia como “la actividad humana creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento, obtenido por medio de un método científico organizado deductivamente y que aspira a alcanzar el mayor consenso entre la comunidad técnicamente capacitada” (Olivé & Pérez Tamayo , 2011).

Monjo<sup>12</sup>, menciona que la patología constructiva es “ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio (o en alguna de sus unidades) después de su ejecución”. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Monk<sup>13</sup>, explica que: “el término *patología* ha sido adaptado no sólo con referencia a las ciencias que estudian el metabolismo animal o vegetal. El avance de la ciencia y la cultura obliga a sentar bases terminológicas que expliquen también científicamente las causas de los deterioros y las enfermedades de los materiales de la construcción, dando bases de determinación simples o complejas de los fenómenos físicos, químicos, biológicos y de meteorización, entroncados con una racional convergencia histórica, cultural y antropológica” (Monk, 1996)

---

<sup>10</sup> El Dr. Jorge Núñez Jover es director de posgrado de la Universidad de la Habana, licenciado en Química, con la especialidad en Epistemología y Filosofía de la Ciencia y Doctor en Ciencias Filosóficas,

<sup>11</sup> El Dr. Ruy Pérez Tamayo es médico-investigador, profesor emérito y jefe del Departamento de Medicina Experimental de la Facultad de Medicina, egresado de la licenciatura de medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México con la especialidad en patología; su Doctorado es de Inmunología en el Instituto Politécnico Nacional.

<sup>12</sup> Juan Monjo Carrió es investigador y catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, pertenece al grupo de investigación de Análisis e Intervención en Patrimonio Arquitectónico.

<sup>13</sup> El Dr. Felipe Monk es especialista en patología de materiales y procesos de preservación.

Bernal<sup>14</sup>, señala que: “la patología en la construcción es una ciencia nueva, y hay que tratarla como tal.”, además de que “...la patología se acerca a la ciencia en las respuestas precisas que necesitan algunas anomalías, sean físicas o químicas. *Patología* necesita de la base científica en cuanto a su organización de estudio y de sus fronteras de aplicación.” (Bernal, 2012), también hace una analogía sobre la patología en la medicina y la patología en la construcción, indicando que un médico desde sus primeros estudios aprende métodos de investigación para determinar causas y soluciones para la cura de pacientes, por lo tanto, un edificio enfermo deberá tener un médico ya sea ingeniero o arquitecto que sepa cómo diagnosticar lesiones y fallas para prescribirle el tratamiento adecuado.

Lasheras<sup>15</sup>, define la patología como “la rama de la tecnología de la construcción que estudia sistemáticamente las disfuncionalidades de los edificios, surgidas durante su vida útil, como consecuencia de procesos degenerativos lesivos, provocados por situaciones anormales” (Lasheras Merino, 2006); aclara que el término tecnología lo utiliza como confluencia de ciencia y técnica.

Si se toma en cuenta que la patología en la construcción se inició con la inquietud de recopilar, analizar y difundir fallas en los edificios, y que para ello fueron necesarias el uso de técnicas y herramientas de observación, registro, análisis y publicación; y que se fueron perfeccionando a través de la aplicación del método científico para conocer de manera asertiva las causas de los procesos patológicos en los inmuebles para después indicar el tratamiento correcto para el alivio de dichos inmuebles; entonces *la patología en la construcción / edificios, es una ciencia, porque a través de ella se adquiere conocimiento y se encuentra la verdad del porque suceden los procesos patológicos de forma objetiva; esta ciencia contiene técnicas para desarrollar estudios patológicos.*

Por otra parte, la recuperación de construcciones a partir de la aplicación de la ciencia de la patología, la coloca en el terreno de la tecnología, de ahí la correcta apreciación de Lásheras, al permitir entre ver que la ciencia de la patología es una confluencia de ciencia y técnica.

Por lo tanto, si se considera: i) la dualidad de ciencia y tecnología en la patología de la construcción, ii) que el estudio de fallas en edificios se inicia en la segunda mitad del siglo

---

<sup>14</sup> Jorge Raúl Bernal es catedrático de la Universidad Nacional del Nordeste, en Argentina.

<sup>15</sup> Félix Lásheras Merino es investigador de la Universidad Politécnica de Madrid, pertenece al grupo de investigación de Análisis e Intervención en Patrimonio Arquitectónico.

XIX a la par de las llamadas ciencias contemporáneas; es viable cuestionar si la patología de edificios es tecnociencia.

Otra característica de la patología en la construcción por lo que los especialistas en la rama de la construcción la denominan ciencia, es la práctica de los estudios patológicos basados en el método científico.

A continuación se mencionan las etapas del método científico implementadas en la elaboración de estudios patológicos.

La etapa de observación que es la primera del método científico, se lleva a cabo en los estudios patológicos durante la inspección visual para la identificación de síntomas de lesiones y de sistemas constructivos.

Las siguientes tres etapas del método científico: i) elaboración de hipótesis, ii) experimentación y iii) comprobación de hipótesis, se desarrollan en las suposiciones y pronósticos de las causas y de la evolución de procesos patológicos, donde se comparan casos similares expuestos en publicaciones, y se realizan modelos en computadora o se llevan prototipos a laboratorios.

La penúltima etapa del método científico que es la teoría, en los estudios patológicos se denomina diagnóstico.

La ciencia de la patología y la elaboración de estudios patológicos están condicionados a la existencia del deterioro de edificios, por lo tanto conocer los pasos generales de procesos patológicos es indispensable para analizar las lesiones y fallas en edificios por medio del método científico.

Continuando la analogía de Bernal un médico está obligado a conocer cómo y porqué se generan las enfermedades en el cuerpo humano y debe utilizar el método científico para llegar a conjeturas de la enfermedad y cura del paciente; así que los ingenieros y arquitectos deben conocer cómo y porque sucede la degradación de materiales y sistemas constructivos para después recomendar los trabajos de intervención.

#### 1.2.2. Proceso patológico en la construcción.

Un proceso patológico es la enfermedad en edificios con una secuencia de tres etapas, que son:

- i) *Causas* que detonan el proceso patológico, es el surgimiento de condiciones: i) ambientales<sup>16</sup>, ii) de diseño, ii) de ejecución de obra, iii) de mantenimiento o iv) de uso, que modifican las características físicas y/o químicas de los materiales de acuerdo a lo que fueron o debería ser diseñadas.
- ii) *Evolución del deterioro de los materiales*, es la transformación gradual de las capacidades funcionales y/o modificaciones a nivel molecular de los materiales que generan o pierden sustancias.
- iii) *Aparición de síntomas*, es la presencia de fisuras, grietas, patinas, deformaciones, roturas, decoloraciones, entre otras características que permiten la identificación de anomalías en los materiales y sistemas constructivos.

El conocimiento de procesos patológicos en la construcción es herramienta indispensable para la obtención de diagnósticos veraces y de tratamientos correctos.

Para los especialistas de la patología en la construcción es un hecho que desarrollar un estudio patológico es igual a recorrer de manera inversa el proceso patológico; primero se debe identificar los síntomas, después entender como evoluciono el deterioro de los materiales, y por último encontrar las causas que dieron origen al proceso patológico; Chávez y Álvarez lo dicen de manera explícita “estos estudios patológicos deben tener como punto de partida la lesión y como objetivo final la causa, tratando siempre de conocer el origen de la enfermedad para atacar el mal desde el principio, de ahí la importancia que posee la determinación de las mismas.” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008).

Fiol Olivan refuerza la importancia de conocer los procesos patológico al mencionar que es “el primer paso en lo que denominamos estudio patológico y nos permitirá establecer tanto la estrategia de la reparación como las hipótesis de la prevención” (Fiol Olivan, 2014), lo cual confirma lo dicho por Robert Stevenson en 1856 a cerca de la importancia de conocer las fallas cometidas en la construcción como aprendizaje. Por lo tanto entender procesos patológicos y desarrollar estudios patológicos además de corregir lesiones en edificios tiene un fin de prevención.

Tanto en el proceso como en el estudio patológico las causas son factores detonantes, en el primero la existencia de causas produce la enfermedad en el edificio, en

---

<sup>16</sup> En esta investigación el concepto “ambiental”, se refiere a todas aquellas condicionantes Físicas – Naturales a las que están expuestos los edificios, ejemplos son: lluvia, nieve, tipo de suelo, viento, calidad del aire, ambiente marino, huracanes, sismos, inundaciones, etc.

el segundo identificar correctamente las causas es determinante para prescribir un tratamiento efectivo.

Para quien está interesado en la patología de la construcción entender el significado de causas y su clasificación en la patología de la construcción es de importancia para su desarrollo profesional.

#### *1.2.2.1. Causas.*

Conocer y estudiar las causas de los procesos patológicos se convierte en un factor de confiabilidad para la solución de cualquier intervención, Fiol Olivan lo menciona de la siguiente manera “de hecho un proceso patológico no queda resuelto y anulado hasta que no se ha interrumpido su origen, y este es uno de los puntos clave en toda actuación de reparación”. (Fiol Olivan, 2014)

Aristóteles consideraba que las causas son el principio del ser, la naturaleza del ente, siendo: i) intrínsecas porque dependen totalmente de lo que es y está hecho el ente y ii) extrínsecas porque sus principios dependen de quien genera y la motivación para generar el ente.

Fiol define la causa “...como el agente, activo o pasivo que actúa como origen de proceso patológico y que desemboca en una o varias lesiones.” (Fiol Olivan, 2014)

Félix Lásheras menciona: “...es una osadía, pero me atrevo a definir la causa de un problema patológico como el conjunto suficiente de circunstancias anómalas que son necesarias para que se produzca el problema” (Lasheras Merino, 2006)

*Para esta investigación el concepto de causa son todos aquellos factores que afectan las propiedades de materiales, elementos y sistemas constructivos, y son el origen de su deterioro.*

Por lo tanto, es importante expresar que todo profesional dedicado al estudio de lesiones en edificios debe tener el mínimo conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los materiales, así como entender la relación entre propiedades de los materiales y factores ambientales. Esta idea se ha retomado en gran parte por lo escrito en la carta de Atenas en 1931.

La experiencia acumulada de los especialistas en patología los ha llevado a crear dos maneras de clasificar causas: i) directas e indirectas y ii) primarias y secundarias.

#### 1.2.2.1.1. Causas directas e indirectas.

Chávez y Álvarez definen las causas directas como “los agentes que ponen en marcha el proceso patológico, es decir, la acción concreta sobre la unidad constructiva o sus materiales que inicia la degradación de los mismos que acaba en pérdida de su integridad o de sus aspecto, lo que constituye una lesión observable como síntoma...” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008), y las dividen en: i) mecánicas, ii) físicas, iii) químicas, iv) biológicas, v) otras.

Las causas indirectas las describen como “cada uno de los factores inherentes a la unidad constructiva (factores de composición química, de forma o de disposición) consecuencia de su diseño defectuoso que, al aunarse con la acción de la causa directa, posibilitan la aparición del proceso.” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008); las dividen en: i) proyecto, ii) diseño constructivo, iii) ejecución, iv) materiales, y v) mantenimiento.

Fiol sintetiza la definición de causas directas en “agentes que ponen en marcha el proceso patológico” (Fiol Olivan, 2014), haciendo una división de cuatro tipos de causas directas en vez de cinco como lo hacen Chávez y Álvarez, los cuatro tipos de causas son: i) mecánicas, ii) físicas, iii) químicas, y iv) por lesiones previas; el último tipo de lesión se refiere a las lesiones primarias y secundarias.

La interpretación de las causas indirectas es completamente coincidentes con Chávez y Álvarez.

*Considerando lo dicho por Fiol, Chávez y Álvarez en esta investigación se determina los conceptos y clasificación de causas directas e indirectas.*

*Las causas directas están determinadas por agentes que deterioran las propiedades físicas y químicas de los materiales; los tipos de causas son: físicas, mecánicas, químicas y biológicas.*

- a) *Físicas: son condicionantes ambientales como heladas, humedad, viento, cambios de temperatura que generan cambios de dimensiones, forma, color y textura en los materiales sin modificar la estructura atómica y molecular originales.*
- b) *Mecánicas: son condiciones que afectan a las propiedades de resistencia de los materiales y elementos constructivos por la aplicación de fuerzas, ejemplos son: i) la compresión, ii) tensión, iii) torsión, iv) flexión y v) cortante.*

- c) *Químicas: son condiciones ambientales como lluvia ácida, humedad, cambios de temperatura que generan cambios en la estructura atómica y molecular de los materiales.*
- d) *Biológicas: son micro y macroorganismos que producen cambios químicos en los materiales.*

*Las causas indirectas están determinadas por las omisiones y tomas de decisiones erróneas de fabricantes, diseñadores y constructores y está totalmente relacionado con el ciclo de vida de los edificios, los tipos de causas son:*

- a) *Defectos y errores de fabricación de materiales de construcción al no cumplir las características físicas y químicas determinadas por fabricantes.*
- b) *De diseño / proyecto, son las omisiones y errores cometidos en la conceptualización y proyección de los edificios, algunos ejemplos son: i) selección errónea de materiales y sistemas constructivos, ii) omisión de detalles y características de materiales, iii) falta de información de requerimientos de proyecto, iv) falta de estudios previos al diseño, v) problemas de comunicación en los equipos de diseño.*
- c) *De ejecución de obra, se deben a la falta y errores de cumplimiento de especificaciones y procedimientos técnicos constructivos, ejemplos son: i) mala instalación de cimbra, ii) tardanza en el colado de elementos constructivos, iii) omisión de materiales en sistemas constructivos.*
- d) *De Mantenimiento, son aquellas causas producidas por omisiones o errores en la programación y ejecución de trabajos preventivos y correctivos en los edificios, así como el uso inadecuado de los espacios, ejemplos son: i) falta de mantenimiento, ii) uso diferente de los espacios, iii) aplicación de productos de mantenimiento erróneos.*

A manera de resumen se presenta la Tabla 1.1.

Tabla 1.1  
Clasificación de causas directas e indirectas

| Causas      |                           |
|-------------|---------------------------|
| Directas    | Indirectas                |
| Físicas     | Fabricación de materiales |
| Mecánicas   | Diseño / proyecto         |
| Químicas    | Ejecución de obra         |
| Biológicas* | Mantenimiento / Uso       |

\*Algunos autores como Juna Monjo Carrió consideran las causas biológicas dentro de las causas químicas, sin embargo, en esta investigación se considera como un grupo a parte debido a que siempre existe el factor de que la reacción química indiscutiblemente es debida a organismos vivos.

Teniendo en cuenta lo planteado por Aristóteles acerca de las causas; las causas directas son intrínsecas por que dependen de la propiedades físicas y químicas de los materiales (de lo que son y son hechos); por lo tanto la reparación de daños por estas causas es tratando los materiales y sistemas constructivos. *La detección de las causas que deterioran los materiales es fuente de información para la mejora de propiedades de materiales.*

En cuanto a las causas indirectas, son extrínsecas porque dependen de las decisiones y acciones de las personas que crean los materiales y edificios. *La detección de causas indirectas son lecciones de aprendizaje para reforzar las buenas prácticas en futuros proyectos.*

#### *1.2.2.1.2. Causas primarias y secundarias.*

Fiol menciona “que las causas no son únicas en cada proceso sino que suele aparecer varias a la vez...” (Fiol Olivan, 2014), también coincide con Chávez y Álvarez que una causa origen es la causa de otra, por lo tanto una causa secundaria es aquella que surge por una causa anterior.

El objetivo principal de los estudios patológicos es identificar las causas origen para determinar el tratamiento que elimine o mitigue las lesiones de manera efectiva; sin embargo, las causas secundarias deben también ser identificadas por que también generan lesiones que deben ser reparadas.

“Cuando se repara una lesión de una causa secundaria sin identificar ni tratar las causas primarias es muy probable que aparezca nuevamente la lesión hasta no eliminar las causas origen”, este razonamiento muestra que es igual de importante identificar causas secundarias y primarias.

#### *1.2.2.1.3. Técnicas de análisis de causas.*

Tanto la ciencia como la tecnología se interesan en el análisis de causas, la primera busca conocer el porqué de los fenómenos, mientras que la segunda desarrolla técnicas de análisis de causas como el diagrama de Ishikawa, el árbol de fallas y la técnica de RCM (Reliability Centred Maintenance).



En la elaboración de estudios patológicos los especialistas se basan en el método científico y en las herramientas de análisis utilizadas por la tecnología para detectar causas.

a) *Diagrama de Ishikawa aplicado a la patología de edificios.*

Mansur y Mansur en su artículo “Diagrama de causa – efecto para las patologías de fachadas”, muestran la aplicación de la técnica del diagrama de Ishikawa concluyendo que “En el presente trabajo, el Diagrama de Causa – Efecto se ha demostrado una herramienta importante para la evaluación de las causas principales de las patologías en el sistema cerámico y ha servido de ayuda para poder abordar la reducción de estos defectos” (Mansur & Mansur, 2006)

El diagrama causa – efecto de Ishikawa fue desarrollado en 1943 por Kauro Ishikawa, químico industrial japonés reconocido como experto en control de calidad; el objetivo del diagrama es encontrar el factor principal del problema en cuestión para después eliminar la causa raíz, a través de la clasificación e influencia de cada causa.

El diagrama de Ishikawa tiene la forma del esqueleto de un pez, en la cabeza se escribe el efecto de análisis y sobre la columna vertebral se forman espinas, el autor del diagrama recomienda que las primeras tengan el título de las “5Ms”: i) mano de obra, ii) materiales, iii) maquinaria, iv) métodos y v) medidas.

A continuación se describen los pasos para desarrollar el diagrama de causa – efecto.

- a) Primer paso. Se selecciona el efecto a estudiar y se escribe en la cabeza del diagrama (Fig. 1.1)



Figura 1.1. Paso uno diagrama Ishikawa causa – efecto.

- b) Segundo paso. Se dibujan las primeras vertebras con el encabezado de las “5Ms” (Fig. 1.2)

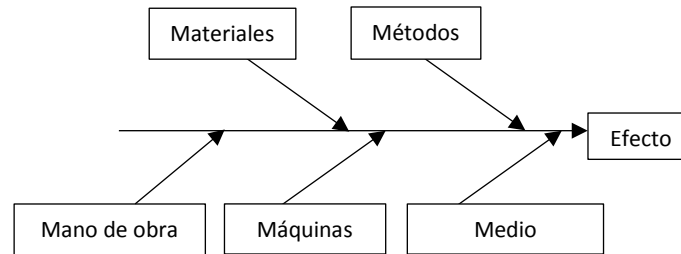


Figura 1.2. Paso dos diagrama Ishikawa causa – efecto.

- c) Tercer paso. Considerando que la primera vertebra a analizar sea “materiales”, se inicia la reflexión del ¿por qué sucede el efecto con lo relativo a los materiales?; es recomendable utilizar la pregunta ¿por qué?<sup>17</sup>, las respuestas serán espinas que nacen en la vértebra de materiales (Fig. 1.3)

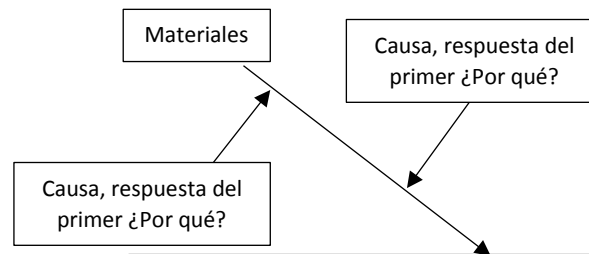


Figura 1.3. Paso tres diagrama Ishikawa causa – efecto.

---

<sup>17</sup> Herramientas auxiliares para encontrar el ¿por qué? de los efectos y causas son: i) la lluvia de ideas, es la recolección de datos de una o un grupo de personas durante reuniones de trabajo; y ii) el juicio de expertos, es la asesoría de especialistas en determinados temas.

- d) Cuarto paso. Reflexionar el porqué de cada respuesta del paso tres. En el diagrama se dibuja una espina por cada respuesta, los especialistas en calidad sugieren que se pregunte hasta una secuencia de cinco porqués para encontrar las causas raíces (Fig. 1.4)

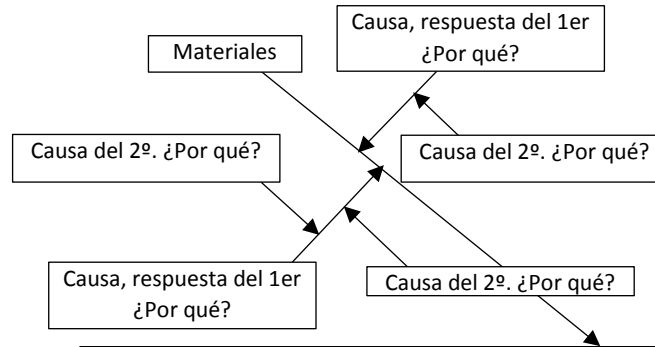


Figura 1.4. Paso cuatro diagrama Ishikawa causa – efecto.

- e) Quinto paso. Repetir el ejercicio de la vértebra de materiales con todas las demás vértebras (Fig. 1.5)

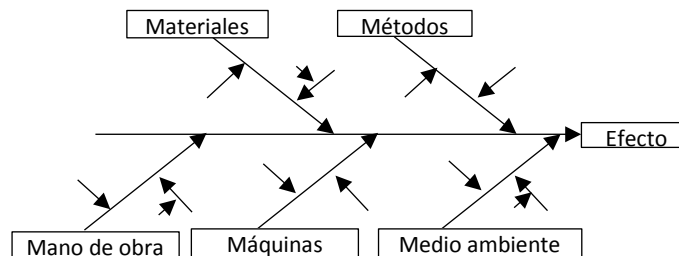


Figura 1.5. Paso cinco diagrama Ishikawa causa – efecto.

A continuación se presentan diagramas del artículo “Diagrama de causa – efecto para las patologías de fachada”, autoría de Mansur & Mansur donde aplicaron la técnica del análisis de Ishikawa (Fig. 1.6), los autores analizan el efecto de las patologías de fachadas y en los encabezados de las seis vértebras principales escriben las “5Ms” más la categoría

de “Madre Naturaleza” que se refiere a las condiciones ambientales que afecta a las fachadas, y escriben las causas descubiertas en el tercer paso, haciendo las primeras preguntas: i) ¿por qué los métodos producen las patologías de fachadas?, ii) ¿por qué la maquinaria produce las patologías de fachadas?, iii) ¿por qué los materiales producen las patologías de fachadas?, iv) ¿por qué las medidas producen las patologías de fachadas?, v) ¿por qué la madre naturaleza produce patologías en fachadas?, vi) ¿por qué la mano de obra produce patologías de fachadas?

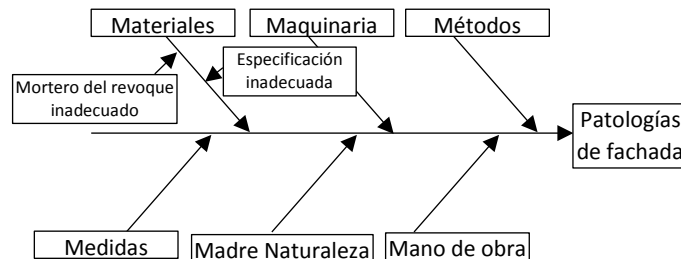


Figura 1.6 Ejemplo de diagrama Causa – efecto para las patologías de fachada, datos obtenidos de (Mansur & Mansur, 2006)

En la figura 1.6 los autores muestran los resultados de la reflexión de hasta tres veces para encontrar las causas raíces, utilizando la pregunta: ¿por qué los materiales producen patologías en las fachadas?

*b) Árbol de fallas.*

Es un sistema deductivo utilizado en áreas de seguridad y fiabilidad en ingeniería con la finalidad de encontrar las causas raíz y reducir riesgos en los sistemas de misiles; fue desarrollado por H.A. Watson para la división de sistemas Balísticos de la Fuerza Aérea de Estados Unidos en 1962; es muy similar al diagrama de Ishikawa, ya que considera que los accidentes o incidentes son parte de un sistema compuesto por mano de obra, maquinaria, materiales, y factores ambientales (para que considere las 5 ms como lo hace Ishikawa falta el método y medidas).

Para desarrollar el árbol de fallas se realizan los siguientes pasos:

- i) Conocer el evento negativo y escribirlo dentro de un rectángulo (para Ishikawa es el efecto, en patología es el síntoma).

- ii) Hacer la pregunta ¿Cómo es posible que esto suceda?, cada respuesta posible se debe escribir debajo del rectángulo dentro de alguna de las formas determinadas: i) “Y” □ cuando las condiciones (causas) que estarán debajo deban presentarse obligadamente, ii) “O” ◡ en caso de que cualquiera de las condiciones escritas debajo de esta puedan presentarse parcialmente; de esta manera se forman niveles de causas, donde la parte superior simula la cima del árbol y la causas origen son la parte inferior de la copa.

Gergely Molnárka en su artículo “Problems in failure analysis in building pathology”, menciona que: “Las evaluaciones sobre sinopsis de las experiencias con los análisis de fallas y la aplicación de métodos de aseguramiento de calidad – también conocidos como análisis de decisiones – pueden ser útiles en la preparación de un sistema de análisis de fallas como herramienta en la patología de la construcción.” (Molnárka, 2000), en este mismo artículo realiza un ejercicio de análisis de árbol de fallas de la aparición de rastros de moho de bajo de la ventana de un muro, en seguida se muestran la figura 1.7 y la figura 1.8



Figura 1.7 fotografía del área analizada; extraída del artículo “Problems in failure analysis in Building pathology” (Molnárka, 2000)

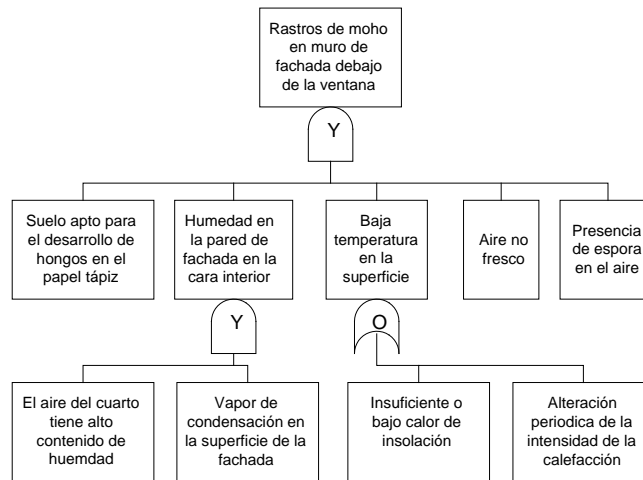


Figura 1.8 Traducción parcial del diagrama de análisis de fallas elaborado por Gergely Molnárka. (Molnárka, 2000)

Fatiguso y Scioti en su artículo “Diagnostic methodological approach; innovative aspects for masonry structures”, mencionan que: “Algunos métodos y herramientas están disponibles para el desarrollo del diagnóstico, como son el árbol de fallas, el árbol de diagnóstico y los modelos fenomenológicos. Cada uno se elabora con el fin de obtener un diagnóstico lo más imparcial y directo posible.” (Fatiguso & Scioti, 2013)

#### 1.2.2.2. Aparición de síntomas.

La aparición de los síntomas es la última fase del proceso patológico, y es la manera en que las personas identifican que el material o elemento constructivo está lesionado.

La UNE 41805-1 IN define síntoma como “señal o indicio de la presencia de lesiones que pueden orientar en la determinación de las causas del deterioro de un edificio” (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2009)

Un síntoma es la señal de que el material o sistema constructivo de un edificio está perdiendo sus condiciones de funcionamiento y estética adecuadas para el uso del edificio<sup>18</sup>.

En patología de la construcción entre otras, son:

- i. *Abofamiento*, es el abultamiento que se produce en el suelo.
- ii. *Decoloración*, es la pérdida de color de los materiales, por lo general se deben a condiciones ambientales
- iii. *Desnivel*, es la diferencia de alturas entre dos elementos constructivos, suceden por condiciones físicas y mecánicas.
- iv. *Desprendimiento*, es la caída parcial de material por causas físicas, químicas y mecánicas.
- v. *Fisura*, es el rompimiento de materiales menor a 0.30 mm, que forma una trayectoria lineal, sus causas pueden ser de origen químico y mecánico, sus características de ubicación, forma y dirección determina patrones para determinar procesos patológicos.
- vi. *Grieta*, es el rompimiento de materiales a partir de 0.30 mm, que forma una trayectoria lineal, sus causas pueden ser de origen químico y mecánico, sus características de ubicación, forma y dirección determina patrones para determinar procesos patológicos, también se considera el agravamiento de las fisuras.
- vii. *Pandeo*, es la flexión que tiende a formar curva en un elemento constructivo, su causa es mecánica.
- viii. *Patina*, es sinónimo de manchas, se debe a la adhesión o creación de sustancias a los materiales, sus causas pueden ser físicas, químicas y biológicas.
- ix. *Perforación*, abertura de sección similar al círculo que en algunos casos atraviesa el material, sus causas son químicas, físicas y biológicas.

---

<sup>18</sup> Ejemplos de síntomas en medicina son: dolor, fiebre, mareos, náuseas, etc.

### 1.2.2.3. Lesiones.

#### 1.2.2.3.1. Definición y clasificación de lesiones.

Fiol se refiere a la lesión como "... a cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo. Será pues el síntoma o efecto final del proceso patológico en cuestión.

Como quiera que constituye el aviso de la existencia de un problema y el punto de partida de cada estudio patológico resulta fundamental su correcta identificación ya que un error en este primer paso puede suponer la elección de un camino equivocado y por tanto la llegada a una conclusión inoperante. De ahí que sea fundamental conocer la tipología de lesiones." (Fiol Olivan, 2014)

*En esta investigación una lesión es el efecto del deterioro de los materiales y sistemas constructivos, para describirla es necesario indicar sus síntomas relacionados a sus causas; al igual que los síntomas las lesiones son parte de la última etapa de un proceso patológico.*

Es importante aclarar que en esta investigación se considera que lesión y síntoma son dos conceptos distintos totalmente relacionados entre sí, a diferencia de lo establecido por Fiol, Chávez y Álvarez que establecen síntoma y lesión como sinónimos.

Fiol, Chávez y Álvarez acotan dos clasificaciones de lesiones:

- i) La primera divide las lesiones en: i) primarias, "es el primer síntoma que aparece en el proceso patológico y que puede ser origen de otra (grietas, fisuras, humedades, entre otras), y ii) secundarias, "consecuencia normalmente de la primera y segundo efecto del proceso, pero lesión en sí misma." (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)
- ii) La segunda clasificación corresponde a las causas por lo tanto se tienen lesiones físicas, mecánicas y químicas.

Chávez y Álvarez en su libro "Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones" presentan su propuesta de clasificación de lesiones, la cual se muestra en la tabla 1.2



Tabla 1.2  
 Tabla general de lesiones elaborado por Chávez y Álvarez

| Tipo                         | Tipo de lesiones             | Primaria             | Secundaria |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------|
| <b>Físicas</b>               | <b>Humedades</b>             |                      |            |
|                              | De obra                      | *                    |            |
|                              | Capilar                      | *                    |            |
|                              | De filtración                | *                    | *          |
|                              | De condensación              | *                    |            |
|                              | Accidental                   |                      | *          |
|                              | <b>Erosión</b>               |                      |            |
|                              | Atmosférica                  | *                    | *          |
|                              | <b>Suciedad</b>              | *                    |            |
|                              | <b>Mecánicas</b>             | <b>Deformaciones</b> |            |
| Pandeos                      |                              | *                    | *          |
| Alabeos                      |                              | *                    | *          |
| Desplomes                    |                              | *                    | *          |
| Flechas                      |                              | *                    |            |
| <b>Grietas</b>               |                              |                      |            |
| Por carga                    |                              | *                    | *          |
| Por dilatación – contracción |                              | *                    | *          |
| <b>Fisuras</b>               |                              |                      |            |
| Por soportes                 |                              | *                    | *          |
| Por acabados                 |                              | *                    | *          |
| <b>Desprendimientos</b>      |                              | *                    | *          |
| <b>Erosión</b>               |                              |                      |            |
| Mecánica                     |                              | *                    |            |
| <b>Químicas</b>              |                              | <b>Eflorescencia</b> | *          |
|                              | <b>Oxidación y corrosión</b> |                      |            |
|                              | Oxidación                    | *                    |            |
|                              | Corrosión                    |                      |            |
|                              | Por inmersión                |                      | *          |
|                              | Por aireación diferencial    | *                    | *          |
|                              | Por par galvánico            | *                    |            |
|                              | Intergranular                | *                    |            |
|                              | <b>Organismos</b>            |                      |            |
|                              | Animales                     | *                    |            |
|                              | Vegetales                    |                      | *          |
|                              | <b>Erosión</b>               |                      |            |
| Química                      |                              | *                    |            |

En este trabajo de investigación los criterios de lesiones primarias y secundarias se traducen a causas primarias y secundarias, en cuanto a la clasificación de lesiones se ha desarrollado la matriz causa – síntoma – material.

#### 1.2.2.3.2. Matriz: causa – lesión – material.

Considerando la importancia de conocer los procesos patológicos para diagnosticar y prescribir tratamientos de manera asertiva, y la problemática de aprenderlos debido a la extensa cantidad de materiales de construcción que existen y a la variedad de lesiones, como lo señala Fiol “El conjunto de lesiones constructivas que pueden aparecer en un edificio es bastante numeroso, sobre todo si tenemos en cuenta la gran diversidad de materiales y unidades constructivas que se utilizan.” (Fiol Olivan, 2014), y con base a diferentes libros sobre patología en diferentes materiales se ha desarrollado la matriz “causa – lesión– material”.

En la tabla 1.3, en la primera columna se presentan los cuatro grupos de causas directas: i) física (ejemplos: lluvias y viento), ii) mecánica (ejemplos: esfuerzos a la tensión y compresión), iii) química (ejemplo: lluvia ácida) y iv) biológica (ejemplo: microorganismos y macroorganismos). El motivo para clasificar las lesiones por causas en primera instancia es porque existen lesiones como manchas o fisuras que su origen se deben a causas físicas, mecánicas o químicas; y la solución adecuada de la lesión dependerá de la adecuada identificación de la causas.

La segunda columna es una sub clasificación con respecto a los nombres generales de las lesiones, y la tercera y cuarta columna es una sub clasificación más que da una mayor de especificación de la lesión.

La lectura de esta primera parte de la tabla se ejemplifica de la siguiente manera: i) por causas físicas existe una fisura durante el estado plástico por una de formación de soportes en el... (Concreto), ii) por causa químicas se formaron fisuras por efectos durante el estado plástico en forma de nidos de fisura en el... (Concreto)

Dependiendo del conocimiento de nuevas lesiones estas se deberán clasificar por causa e integrarlas en la causa correcta. Este tipo de integración de lesiones hace que la matriz sea flexible en su crecimiento. La estructura de la matriz permite el fundamento para una posterior estructura de base de datos.

La matriz “causa – lesión – material”, que se presenta en este documento es el primer bosquejo de clasificación por lo que es de consideración y probablemente tema de investigación el continuar, corregir y mejorar su desarrollo. Uno de los primeros puntos a considerar en la continuación del desarrollo de la matriz “causa – lesión – material” sería: i) la revisión, ii) aclaración y iii) establecimiento de definiciones de conceptos; posteriormente trabajar en la clasificación de materiales

Tabla 1.3

Primera sección de la matriz "causa – lesión – material"

| <b>Causas</b>     | <b>Lesión General</b>   | <b>Lesión Especifica</b>  |  |
|-------------------|---|---|--|
| <b>Físicas</b>    | Humedades   | De obra<br>Capilar<br>De filtración<br>De condensación<br>Accidental        |  |
|                   | Erosión   | Arenización<br>Exfoliación  |  |
|                   | Patinas   | De lavado<br>Por depósito   |  |
| <b>Mecánicas</b>  | Deformaciones   | Pandeos<br>Flechas<br>Alabeos<br>Desplomes                                  |  |
|                   | Fisuras y grietas   | Estado plástico<br>Estado endurecido  | Por deformación de soportes<br>Adherencia – Anclaje<br>Por esfuerzo a compresión<br>Por esfuerzo a tensión<br>Por esfuerzo a flexión<br>Por esfuerzo a cortante<br>Por esfuerzo a torsión  |
| <b>Químicas</b>   | Eflorescencia<br>Criptoeflorescencia o Cristoefflorescencia<br>Costras de sulfato<br>Carbonatación<br>Oxidación |   |  |
|                   | Corrosión   | Electroquímica  | Por inmersión<br>Por par galvánico   |
|                   | Fisuras y Grietas   | Intergranular<br>Por aireación<br>Diferencial<br>Álcalis<br>Ácidos<br>Sales |  |
|                   | Fisuras y Grietas   | Estado plástico<br><br>Estado endurecido                                    | De retracción o contracción plástica<br>Nidos de fisuras<br>Por obstrucción de agregados<br>Por asentamiento con acero de refuerzo<br>Por contracción de secado<br>De retracción interna<br>Por dilatación térmica<br>Por oxidación de acero de refuerzo<br>Por contracción de carbonatación<br>Superficiales por reacción álcalis agregado<br>Internas por reacción álcalis agregados |
| <b>Biológicas</b> | Pudrición<br>Corrosión biológica<br>Túneles de refuerzo<br>Destrucción por insectos<br>Rotura por roedores      |   |  |

En la tabla 1.4 se muestra en columnas los cuatro grupos generales de materiales: i) naturales, ii) cerámicos, iii) metales, y iv) polímeros.

Los últimos tres grupos fueron seleccionados con base a la clasificación de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.

En cada grupo se incorporan los nombres de materiales; en esta investigación solo se han colocado algunos materiales para mostrar el ejemplo de la matriz, lo cual no es limitativo para que en un futuro se integren más materiales.

Tabla 1.4  
Segunda sección de la matriz “causa – lesión – material”  
Clasificación basada en la Ingeniería y Ciencia de Materiales

| Naturales | Cerámicos           | Metálicos | Polímeros    |
|-----------|---------------------|-----------|--------------|
| Madera    | Concreto            | Acero     | Plástico     |
| Piedra    | Tabiques de arcilla | Aluminio  | Poliuretano  |
|           | Tabiques de mortero | Cobre     | Poliestireno |
|           | Loseta              |           |              |
|           | Cristal             |           |              |

La integración de la primera y segunda sección de la matriz “causa – lesión – material” resulta en la relación de lesiones estudiadas en cada material de construcción, como ejemplo se presenta la figura 1.9

| Causas         | Lesión General | Lesión Específico | Naturales |        | Cerámicos |                                |         |        | Metálicos |       | Polímeros |          |             |
|----------------|----------------|-------------------|-----------|--------|-----------|--------------------------------|---------|--------|-----------|-------|-----------|----------|-------------|
|                |                |                   | Madera    | Piedra | Concreto  | Tabiques de arcilla y morteros | Losetas | Vidrio | Acero     | Cobre | Aluminio  | Plástico | Poliuretano |
| Físicas.       | Humedades.     | De oba.           |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                |                | Capilar.          |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                |                | De filtración.    |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                | Erosión.       | De condensación.  |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                |                | Accidental.       |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                |                | Arenización.      |           |        | x         |                                |         |        |           |       |           |          |             |
| Patinas        | Expoliación.   |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                | De lavado.     |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                | Por depósito.  |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |
| Deformaciones. | Pandeos.       |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                | Flechas.       |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |
|                | Alabeos.       |                   |           | x      |           |                                |         |        |           |       |           |          |             |

Figura 1.9 Ejemplo de la matriz “causa – lesión – material”

#### 1.2.2.4. Concepto de gravedad de lesiones.

Ruíz (Ruiz Gorrindo, 2014) en su tesis doctoral menciona que la Inspección Técnica de Edificios (ITE) relaciona la gravedad de las lesiones con respecto a la deficiencia del edificio, además el autor presenta la tabla de “calificación del estado general del edificio, según la ITE de Cataluña”, que contiene: “muy grave, existencia generalizada de deficiencias que por su importancia afectan gravemente la estabilidad del edificio y representan un peligro para la seguridad de las personas; con deficiencias graves, existencia de deficiencias que por su importancia hay que corregir en los plazos indicados; con deficiencias leves, existencia de deficiencias producidas por falta de conservación, hay que efectuar trabajos de mantenimiento; sin deficiencias, no se aprecian deficiencias en la inspección ocular”.

En el reglamento de construcción del Distrito Federal en México la gravedad de lesiones se relaciona con el estado límite de falla y de servicios.

El estado de límite de falla corresponde al agotamiento de la capacidad de carga de los elementos estructurales, mientras que el estado límite de servicio son daños en los elementos estructurales que afectan su funcionamiento adecuado, conservando su capacidad de carga.

*En esta investigación el concepto de gravedad es la relevancia e importancia que presenta una lesión para ser atendida y basada en: i) el funcionamiento de los elementos constructivos, ii) seguridad que conserve el edificio para los usuarios, ii) el impacto que puede tener la lesión al considerarla riesgo, y iv) la posibilidad de que ocurra el riesgo.*

##### 1.2.2.4.1. Funcionamiento.

Es el grado de capacidad de los materiales, elementos constructivos para cumplir con tareas como: i) soporte, ii) conexión, iii) aislamiento y iv) recubrimiento.

Se entiende como funcionamiento de los espacios de los edificios como el correcto uso de los espacios con respecto a los requerimientos de diseños.

Vitruvio consideraba la utilidad como una de las características indispensables para crear arquitectura (Roth, 2010).

#### 1.2.2.4.2. Seguridad.

Son las condiciones del edificio que eliminen toda posibilidad de peligros y daños para los usuarios y para el mismo inmueble; existen dos tipos de seguridad a considerar en un estudio patológico de edificios: i) estructural, y ii) por habitabilidad de los espacios.

La seguridad estructural se entiende como aquella que mantiene estabilidad en los elementos constructivos que soportan el edificio y permiten resistir todo tipo de esfuerzos y desastres durante la vida útil del edificio, garantizan la durabilidad de materiales.

La habitabilidad está ligada a condiciones sensoriales o de accesibilidad a espacios que evitan hacer tareas a los usuarios de edificios, como pueden ser que: i) la temperatura en un espacio sea demasiado alta, ii) el ruido del exterior se transmita totalmente al interior, iii) el espacio no este diseñado para las actividades a realizar.

*En esta investigación la seguridad será vista desde un punto de vista cualitativo y de percepción enfocada a la seguridad de la estabilidad de los sistemas constructivos estructurales.*

#### 1.2.2.4.3. Impacto.

El impacto de aparición de nuevas causas en procesos patológicos previamente hallados en el diagnóstico de edificios, significa analizar el grado de afectación hacia los usuarios y el edificio, en caso de incremento de la intensidad o cantidad de lesiones.

Para determinar los impactos en lesiones de edificios, se debe responder a la siguiente pregunta: en caso de evolución de la lesión, ¿Cómo y que tanto serían afectados el edificio y los usuarios?

Los impactos se valoran en parámetros: i) de seguridad de los usuarios, ii) funcionalidad de los espacios, sistemas constructivos y materiales, así como iii) pérdidas económicas.

#### 1.2.2.4.4. Probabilidad.

La probabilidad de ocurrencia de nuevas causas que agraven las lesiones en un proceso patológico previamente identificado, depende de: i) la vulnerabilidad de los materiales y sistemas constructivos en su estado actual, ii) la aparición de condiciones ambientales adversas a los materiales, y iii) la posibilidad de acciones antropogénicas que dañen al edificio.

#### 1.2.2.4.5. *Parámetros de gravedad.*

Son valores cualitativos y numéricos que representan tolerancias para evaluar que un material o elemento constructivo conserve sus características de funcionamiento y seguridad.

Dependiendo del tipo de material y la propiedad física y química que se evalúa, se establece el parámetro.

La información está dispersa en: i) manuales de patología y de construcción, ii) normatividad, y iii) fichas técnicas de materiales y sistemas constructivos; a continuación se presentan dos ejemplos:

- i) refiriéndose al proceso de carbonatación en el concreto “El pH del hidróxido (de valor 13 o 1.5) desciende hasta 8.5 u 8.0 por lo que se pierde la capacidad de protección de la armadura propiciando el principio de la corrosión”.
- ii) ii) Biodegradación: “La acción de las bacterias de los hongos y de las plantas degrada los materiales mediante procesos físicos (acción de las raíces) y otros de origen químico al segregar ácidos corrosivos... Sin embargo la principal biodegradación es la debida a los hongos en la madera. Si la humedad supera el 20% y existe micelio en el ambiente, las fibras estructurales pueden ser consumidas a corto plazo”.

#### 1.2.2.4.6. *Concepto de vulnerabilidad.*

Debido a eventos sísmicos considerables, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) opto por elaborar el manual del formato de captura de datos para evaluación estructural, en el cual establece: “La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad de daño que una estructura presenta frente a algún evento, sea este natural o antrópico, que lleve a la estructura a cualquiera de sus límites de funcionalidad.” (Aragón Cárdenas, Flores Corna, & López Bátiz, 2011)

Ávila y Barrios (Ávila Méndez & Barrios Fernández, 2006) en su artículo “20 años, dos minutos en dos segundos”, relacionado a los daños estructurales provocados por el sismo del 19 de septiembre de 1985 en la Ciudad de México, indican “La vulnerabilidad de los edificios depende de su respuesta para resistir el esfuerzo adicional que demanda el

movimiento de tierra en su sitio específico, sin sufrir daños considerables. La tarea principal es reducir al máximo dicha vulnerabilidad”

*Para los trabajos de esta investigación la vulnerabilidad se entenderá como la posibilidad de la amenaza de condiciones que afecten el material y sistemas constructivos.*

### 1.2.3. El estudio patológico.

La definición más común del estudio patológico es “el proceso inverso del proceso patológico”. Se basa en el método científico y sus fases generales son: i) prediagnóstico, ii) diagnóstico, y iii) descripción del tratamiento.

*Para este trabajo de investigación el estudio patológico se entiende como el trabajo de campo y gabinete que en su conjunto evalúa el deterioro de materiales, elementos y sistemas constructivos de un edificio, del cual se obtiene: i) información para el historial clínico del edificio, ii) descripción de lesiones encontradas en las visitas de inspección, iii) análisis de causas, iv) descripción de procesos patológicos, y v) descripción de tratamientos para que el edificio reestablezca su nivel de servicios deseado.*

De acuerdo a la norma UNE 41805-13 IN para intervenir un edificio se establecen como objetivo los siguientes pasos:

“i) Identificación de la naturaleza de la enfermedad a partir de sus síntomas y signos (lesiones sufridas por el edificio).

ii) Evaluación de la importancia de esos daños, su trascendencia y su posible evolución, estimando su influencia en el comportamiento de los sistemas constructivos afectados.

iii) Establecimiento de la necesidad de intervención sobre la base de criterios funcionales o de seguridad y de la prognosis de evolución futura.

iv) Estudios de las posibles alternativas de intervención.

v) Redacción del proyecto final de intervención si la importancia de ésta lo requiere” (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010)

También indica que: “El alcance del estudio patológico no se limita exclusivamente al diagnóstico entendido con su significado habitual en medicina (arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos) sino que su objetivo debe ser aportar información que permita definir la intervención necesaria y poder proceder a proyectar y ejecutar la misma. Es decir, el informe final del estudio



patológico debe, además de establecer el diagnóstico entendiendo en sentido clásico, proporcionar la información complementaria necesaria para llegar a un dictamen.” (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010)

En la figura 1.10 se observa que la visualización del estudio patológico en esta investigación, va más allá de recorrer de manera inversa el proceso patológico, y el énfasis que se da al análisis de causas.

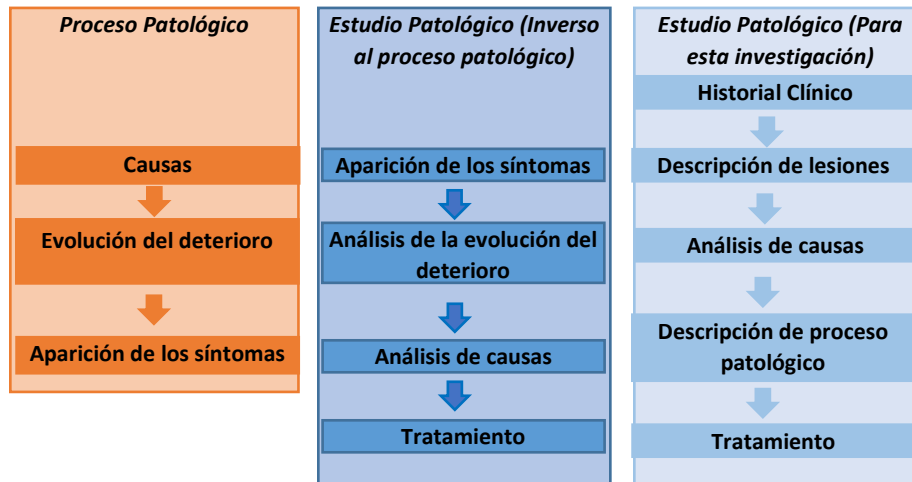


Figura 1.10 Comparativa del concepto del estudio patológico

### 1.2.3.1. Etapa de prediagnóstico.

Haciendo la analogía de la revisión médica a un paciente con la etapa de prediagnóstico del estudio patológico a los edificios. En la etapa de prediagnóstico se realizan las primeras visitas al médico (el especialista visita el edificio) en las que se detectan síntomas, se realizan auscultaciones sencillas, se revisa el historial clínico, el paciente (materiales y elementos constructivos del edificios) se somete a pruebas de laboratorio, existe una revisión de patrones y por último el médico (el especialista en patología de edificios) emite las posibles hipótesis de la o las enfermedades.

Fiol describe la etapa de prediagnóstico como: “un reconocimiento inicial del edificio y cuyo objetivo fundamental será determinar la necesidad o no de pasar a una fase de conocimiento más amplia del edificio.

Trata de identificar las características fundamentales y detectar la presencia de síntomas y lesiones. Se recogerá información básica imprescindible para poder realizar una primera valoración de seguridad y durabilidad de la estructura.” (Fiol Olivan, 2014)

Fatiguso y Scioti (Fatiguso & Scioti, 2013) en su propuesta de método para el diagnóstico de estructuras de mampostería, divide esta etapa de prediagnóstico en dos partes: i) el conocimiento preliminar, enfocado a detectar las características constructivas y síntomas visibles, y ii) el pre-diagnóstico en el que se llevan a cabo las primeras pruebas, se establece hipótesis y se programa los trabajos de la etapa de diagnóstico.

A diferencia de la medicina no existe método estandarizado para el prediagnóstico y por lo tanto tampoco están definidas las técnicas que se deben realizar.

Las actividades requeridas para el prediagnóstico son:

- a) *Las visitas de inspección visual y levantamiento de datos de campo*, se refieren a la revisión del edificio en la que: i) se verifica y actualizan planos arquitectónicos, ii) se identifica y verifica los sistemas constructivos, y iii) se identifican síntomas de daños y lesiones,

García, especialista en evaluación de estructuras de concreto considera la inspección de edificios con mayor amplitud, por lo que la divide en dos tipos: i) inspección preliminar visual, e ii) inspección detallada.

La inspección preliminar visual; “se lleva a cabo para caracterizar o tipificar la estructura, conocer la naturaleza del problema, analizar sus daños o consecuencias tanto a nivel general como individual (por elementos) y a partir de ahí se prevé evaluar la “obra” con ensayos en zonas en elementos dañados o averiados, además se programa el plan de trabajo que proveerá los medios auxiliares para la realización de las mediciones y toma de muestras en el sitio durante la inspección detallada.

En ésta se elaboran, por ejemplo, *ensayos cualitativos sencillos* de carbonatación, posición de las armaduras y toma de fotos, con el fin de acotar el problema y definir el plan de muestreo y mediciones.” (García Rodríguez, 2014)

La inspección detallada es: “desarrollada con el objeto de cuantificar y delimitar la extensión o magnitud del deterioro, caracterizar los daños de los diferentes elementos y elaborar los ensayos...” (García Rodríguez, 2014)

El Dr. Arq. Monjo enfocado a la patología estructural, establece que: “La inspección visual de la estructura debe conducir al conocimiento de su geometría y de los materiales empleados, así como al registro de los posibles daños detectables a simple vista, con el fin de establecer, con el máximo detalle, un plan o programa de inspección y ensayos, que permitan definir la estructura y su estado de conservación detalladamente. Además una inspección visual se puede realizar algunas mediciones sencillas tales como desplomes, flechas, desniveles y anchos de fisuras. También se pueden colocar testigos o repetir las mediciones en una inspección posterior para comprobar la evolución de los daños de la estructura o, por el contrario, verificar su estabilización.” (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

- b) *La recopilación de datos históricos del edificio*, es la integración de información de; i) los elementos arquitectónicos con valor artístico e histórico, y ii) la clasificación patrimonial del edificio. Es importante conocer estos datos porque los edificios o elementos arquitectónicos con protección patrimonial requieren técnicas de auscultación y tratamientos para recuperar estados de servicio menos invasivas de aquellos edificios sin protección patrimonial.
- c) *La información de técnicas constructivas del edificio*, es la suma de la identificación de materiales y sistemas constructivos, a través de documentos técnicos como son: planos arquitectónicos, ii) constructivos, iii) presupuestos y catálogos de conceptos, iv) bitácora de obra, v) reportes fotográficos de obra, vi) reglamentos y normas técnicas de la época en que fue diseñado y construido el edificio en estudio, así como vii) referencias bibliográficas de los sistemas constructivos de la época en la que fue construido el edificio caso de estudio. Fiol recomienda realizar un historial constructivo<sup>19</sup> con la intención de entender causas de lesiones.
- d) *La recopilación de datos de alteraciones del edificio y mantenimiento*, es equivalente al historial clínico de las personas; para el análisis de causas de

---

<sup>19</sup> Francisco Fiol, investigador en la Universidad de Burgos con líneas de investigación en Termografía infrarroja, energías renovables, fotogrametría, rehabilitación y restauración, nuevas tecnologías en materiales y construcción sostenible, define *historial constructivo* como la cronología de los materiales y sistemas constructivos utilizados en un edificio. Esta información llega a ser relevante para la identificación de causas de lesiones y daños, cuando las condiciones estructurales encontradas en el edificio y coincidentes con el historial constructivo no concuerdan con las normatividades de construcción actuales.

lesiones y daños es clave conocer los trabajos de reparación, rehabilitación, remodelación y mantenimiento que se haya realizado en todo el ciclo de vida del edificio, con la intención de contrastar dichos trabajos con los usos que haya tenido el edificio.

En algunas ocasiones la falta de mantenimiento<sup>20</sup> o trabajos incorrectos son causa de daños y lesiones en los edificios.

- e) *El registro de condiciones ambientales y del terreno*, se refiere a la identificación de características climáticas, tipo de suelo por medio de estratigrafía y planimetría del terreno. Es conveniente que la información sea aquella considerada durante la construcción del edificio y compararla con la existente en el momento del desarrollo del estudio patológico<sup>21</sup>.

Cabe resaltar la observación de Gergely Molnárka acerca de la importancia del conocimiento detallado de las condiciones ambientales y su relación con materiales y sistemas constructivos para evitar el incremento de daños por decisiones equivocadas en la intervención de reparaciones y rehabilitaciones de edificios.

---

<sup>20</sup> El mantenimiento de edificios es factor decisivo para la conservación e incremento de la vida útil de todo inmueble, en el libro "Patología, Diagnóstico y Rehabilitación de Edificaciones", Chávez y Álvarez, presentan el dato 2.5 veces el valor inicial de una vivienda como el gasto a realizar para la conservación de dicha vivienda, por lo tanto, realizando un análisis rápido con precios de mercado de departamentos en la Ciudad de México en el 2016, el valor inicial de un departamento puede ser de \$2,000,000.00, así que 2.5 veces el valor inicial son \$5,000,000.00 que deberán repartirse en cincuenta años (vida útil considerada en la tabla de la guía de vida útil estimada y porcentajes de depreciación), el costo de mantenimiento anual sería \$100,000.00, este último importe esta fuera de la práctica de los inquilinos y dueños de departamentos, por lo tanto es muy probable que las lesiones encontradas en edificios se deban a falta de mantenimiento, lo cual sería conveniente contrastar con la gráfica de causantes de las lesiones según estudio del Dr. Juan Mojo presentada por Chávez y Álvarez en su publicación donde se especifica que el 28% de causas es ausencia de mantenimiento, 13% son defectos de ejecución de obra, 50% defectos de proyecto y el restante 9% se debe a defectos de los materiales.

<sup>21</sup> Las condiciones climáticas de hace 20, 30, 50 años eran diferentes a las actuales, por lo que el diseño de edificios con respecto al contexto del medio natural fue correcto en su momento, sin embargo, con las nuevas condiciones ambientales es posible que los materiales elegidos en un principio se deterioren con mayor velocidad ahora.

García de Miguel refuerza la observación de Gergely Molnárka al considerar el estudio del entorno como proceso del diagnóstico de inmuebles, mencionando que: “La edificación se encuentra en un constante estado de intercambio con el medio en el que se ubica; tanto desde el punto de vista estético social e histórico, como físico, químico, biológico y geológico. Su estado de conservación y su futura preservación, pueden depender en gran medida de estos factores.” (Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Madrid, 1994)

Los factores a los que se refiere García de Miguel son: i) clima, porque es responsable parcialmente de humedades, cambios de temperatura, incrustación de sales (en fisuras, poros y micro poros), erosiones por viento; ii) condiciones geológicas, porque puede ser causante de humedades capilares por mantos freáticos, así como inestabilidad de estructuras por condiciones de estratigrafía de suelos poco favorables en movimientos sísmicos; iii) contaminación ambiental, específicamente se refiere al CO<sub>2</sub>, que provoca carbonatación, iv) factores sociológicos, políticos y culturales, estos se reflejan en expresiones como son grafitis, incendios, limpieza en los edificios, se refiere a las condiciones antropogénicas que afectan las condiciones del inmueble.

- f) *La elaboración e interpretación de pruebas de calidad de materiales y sistemas constructivos*, es la tarea de medición de propiedades físicas, mecánicas y químicas de materiales y sistemas constructivos detectados con síntomas de procesos patológicos.

En esta primera etapa por lo general se realizan las pruebas no destructivas, como son mediciones: i) topográficas, ii) de termografía, iii) higrometría en materiales, iv) ubicación de acero de refuerzo, v) de resistencia de concreto y mampostería con esclerómetro, vi) ultrasonidos; entre otros.

Para la práctica de algunas pruebas de calidad de materiales y sistemas constructivos con instrumentos no destructivos existen normatividades locales e internacionales; su uso es una buena práctica que contribuye a la confianza de objetividad y certeza en los resultados de pruebas.

*La selección de área a investigar con mayor profundidad e inspección de especialistas*, cuando los datos de pruebas y el conocimiento de quien esté realizando el estudio patológico estén limitados para determinar causas y patrones patológicos, se integra la participación de especialistas en: i) geotecnia, ii) análisis estructural, iii) química de materiales de construcción, iv) corrosión, v)

petrografía, vi) concreto, v) madera, vi) topografía, vii) biología; entre otros. Por lo general, al realizar trabajos con mayor profundidad será necesario extraer muestra de materiales lo cual es considerado pruebas invasivas o pruebas semi destructivas.<sup>22</sup>

- g) *Observación*, es reconocer daños, lesiones y sistemas constructivos en un edificio.

Juan Monjo recomienda algunos puntos a observar como son: i) posibles asientos en la estructura, ii) deformaciones o roturas, iii) erosiones, y iv) corrosiones.

Chávez y Álvarez enfocan también la técnica de observación en la detección de lesiones.

*En esta investigación la observación es una técnica aplicable para la identificación de lesiones y sistemas constructivos.*

- h) *El registro de datos*, es la anotación de todo lo observado en visitas de obra y en análisis durante la etapa de Prediagnosis. Chávez y Álvarez recomiendan desarrollar plantillas para la recolección de datos de lesiones y materiales afectados. Algunos de los datos son:

- *La actualización de planos*, es la manera de cotejar el último registro del estado de distribución de espacios del inmueble y lo existente en el momento de elaboración del estudio patológico; se convierte en una manera de observar a parte de las inspecciones visuales.

La actualización de planos es necesaria para la representación de mapeos de lesiones y representaciones gráficas en el informe de diagnóstico.

- *La elaboración de dibujos*, es la interpretación gráfica de lo observado en visitas al edificio y análisis de lesiones.
- *Las entrevistas*, es el registro de testimonios de usuarios y propietarios de los edificios, sobre información de: i) daños, i) modificaciones, iii) mantenimiento, iv) reparaciones, y v) rehabilitaciones.

---

<sup>22</sup> Las pruebas semi destructivas son realizadas por personal capacitado en el manejo de material e interpretación de datos, además de estar normadas a nivel internacional y/o local, en algunas ocasiones se requiere de certificaciones para elaborar las pruebas semi destructivas.

Las preguntas a realizar pueden ser: i) cerradas, ii) abiertas, iii) hipotéticas, iv) de sondeo, y v) de comentario.

- *El registro fotográfico*, es la narrativa a cerca de las lesiones, materiales y sistemas constructivos del edificio, así como de procesos de pruebas de calidad de materiales y mediciones de edificios, por medio de fotografías.
- *El levantamiento planimétrico con identificación de lesiones*, Fiol lo define de la siguiente manera:

“Consiste en reflejar gráficamente las lesiones detectadas y su ubicación. Supone una inspección previa.

Para la elaboración de la planimetría es conveniente la ayuda de la documentación extraída en los archivos municipales, y en su defecto croquis esquemáticos.

La elaboración de fichas resumen con códigos de tramas nos ayudan a interpretar en posibles causas”. (Fiol Olivan, 2014)

“...Con el fin de facilitar la comprensión y el análisis posterior de la información recopilada, es aconsejable adoptar un sistema de representación gráfica para las lesiones alteraciones visibles.

Dicho sistema de representación puede abarcar también las técnicas constructivas que conforman los diversos elementos del edificio. Con esto se consigue una mayor agilidad en la toma de datos y en la transmisión de la información a la documentación gráfica que se elabore posteriormente.” (Díaz & Casado, 2002)

*En esta investigación se le denominara “mapeo de lesiones” a los croquis en planta y alzado del estado actual del edificio con simbología que indique la ubicación de síntomas de lesiones y daños.*

- *La fotogrametría*, es la técnica que a través de fotografías se analiza las propiedades geométricas del edificio. Su principio reconstrucción de imágenes 3D a partir de algoritmos aplicados a imágenes en 2D, se aplica en: i) levantamientos topográficos, ii) trabajos arquitectónicos y iii) de ingeniería.
- *Los estudios geotécnicos*, es el análisis de los componentes del suelo sobre el cual esta soportado el edificio, esta técnica es utilizada en la patología de

edificios cuando se registran asentamientos debido a diferencias de niveles en firmes y losas, así como agrietamientos en elementos constructivos.

- *Estudios arqueológicos*, en los casos donde los edificios están catalogados como patrimonio cultural es necesario la integración de especialistas que ayuden a proteger y rescatar elementos que proporcionen información sobre culturas antiguas.
- i) *La clasificaciones de lesiones y análisis de causas*, se trata de la agrupación de lesiones identificadas en el edificio (caso de estudio) por el tipo de causa, así como establecer ideas del por qué se iniciaron los procesos patológicos; para realizar esta tarea es necesario contemplar: i) el estudio de patrones patológicos, ii) los síntomas detectados por observación, y iii) la interpretación de pruebas de calidad de materiales y sistemas constructivos.
- j) *La elaboración de hipótesis de procesos patológicos*, es el planteamiento de posibles circunstancias que desencadenaron en los síntomas encontrados en las visitas de inspección y mediciones con instrumentos.

En la tabla 1.5

Tabla 1.5

*Actividades y técnicas en la etapa de prediagnóstico*

| Actividades  | Técnicas   |
|--|--|
| Visitas de inspección visual y levantamiento de datos de campo.                            | Observación.   |
| Recopilación de datos históricos del edificio.   | Registro de datos.   |
| Recopilación de técnicas constructivas del edificio.                                       | Actualización de planos.                                   |
| Recopilación de datos de alteraciones del edificio y mantenimiento.                        | Elaboración de dibujos.                                    |
| Registro de condiciones del terreno y ambientales.   | Entrevistas.   |
| Elaboración e interpretación de pruebas de calidad de materiales y sistemas constructivos. | Registro fotográfico.                                      |
| Clasificación de lesiones y análisis de causas.  | Levantamiento planimétrico con identificación de lesiones. |
| Elaboración de hipótesis de procesos patológicos.  | Fotogrametría.   |
| Selección de área a investigar con mayor profundidad e inspecciones de especialistas.      | Estudios geotécnicos.                                      |
|  | Estudios arqueológicos.                                    |



### 1.2.3.2. Diagnóstico.

A continuación se muestran algunas definiciones de diferentes autores:

Baglioni y Garnerio (Baglioni & Guarnerio) definen el diagnóstico como “*investigación de las causas perturbadoras*”, lo cual es un concepto ambiguo.

Monjo menciona: “...resulta una fase fundamental en el estudio patológico de la estructura dañada que pretende establecer la pautas de su reparación. Cualquier error en esta fase puede llevar a errores subsiguientes en la intervención y, por tanto, nuevos procesos patológicos.”

Chávez y Álvarez, “Una vez terminada la toma de datos directa, y estando en posición de los resultados de posibles 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 definitiva, se debe iniciar lo que podemos llamar el *análisis de proceso patológico* con el objeto de alcanzar un diagnóstico definitivo y, por tanto, unas conclusiones para la posterior actuación profesional que implique la reparación de la, o las, unidades afectadas.” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)

*Para esta investigación, el diagnóstico es la reconstrucción del proceso patológico ocurrido, señalando: i) causas, ii) evolución de la lesión o daño, iii) síntomas.*

En seguida se presentan técnicas y tareas consideradas útiles por diferentes especialistas en patología de la construcción.

- a) *Comprobación de hipótesis*, es demostrar o rechazar el planteamiento de posibles circunstancias que desencadenaron en los síntomas encontrados en las visitas de inspección y mediciones con instrumentos.

García de Miguel (Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Madrid, 1994) describe esta tarea como: “Una vez diseñada la hipótesis de intervención a la luz de los estudios anteriores, se deberá comprobar, hasta un límite razonable, como va a responder el monumento al tratamiento diseñado. Este estudio se verifica primeramente en gabinete mediante modelos matemáticos predictivos de ser necesario, y en laboratorio sometiendo muestras tratadas y sin tratar a distintas agresiones, y observando el comportamiento”

- b) *La reconstrucción del o los procesos patológicos*, esta tarea constituye la descripción de: i) causas, distinguiendo las primarias de secundarias, directas e

- indirectas; ii) evolución, del deterioro de materiales y sistemas constructivos; y iii) el estado actual con respecto a síntomas y condiciones ambientales y antropogénicas del edificio.
- c) *La evaluación de lesiones: estructural, y de seguridad*, es el estudio de las condiciones de los materiales y sistemas constructivos para conservar la estabilidad del edificio, para ello se requiere de: i) ensayos de calidad de materiales, ii) programas de modelaje, y iii) parámetro de gravedad.
- d) *El análisis de resultados*, es la técnica de examinación crítica que permite definir causas, evolución de procesos patológicos y síntomas. Para realizar esta técnica es necesario contar con la recopilación y registro de datos referentes al edificio.
- e) *La comprobación de vulnerabilidad y durabilidad*, es la evaluación de materiales y sistemas constructivos para resistir diferentes factores que puedan deteriorarlos, como son: i) uso del edificio, ii) influencias del entorno, y iii) trabajos de rehabilitación, mantenimiento y/o remodelación.
- f) *La proyección de vida útil*, considerando que la vida útil está relacionada con el diseño de duración de materiales y elementos constructivos; una de las tareas propuestas por especialistas es calcular la vida útil después de una reparación, rehabilitación o restauración.
- g) *Las conclusiones*, en algunos textos de especialistas en patología equiparan el concepto a la reconstrucción del o los procesos patológicos, sin embargo, *en esta investigación se entenderá como el apartado de lecciones aprendidas resultantes de la descripción de procesos patológicos enfocados a las causas.*
- h) *La redacción de informe de diagnóstico*, es la integración de información que fundamenta y describe los procesos patológicos y se transcriben en un documento; la norma UNE 41805-14 IN (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010) indica que el contenido del diagnóstico se compone de: “a) antecedentes; b) Información de la que se ha dispuesto previa al estudio; c) Descripción de los trabajos de toma de datos (inspección) realizados: exámenes visuales, ensayos o comprobaciones experimentales llevados a cabo; d) resultados de los trabajos de toma de datos realizados; e) análisis de los datos obtenidos; f) conclusiones; g) recomendaciones.”
- i) *Los parámetros de seguridad estructural*, la norma UNE 41805-114 IN (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2010) menciona: “...lo

más habitual era optar por un recalcu lo siguiendo *las normas de aplicación para el proyecto y ejecución de obras nuevas* de la naturaleza o por la realización de pruebas de carga...”; por lo tanto para *esta investigación los parámetros de seguridad estructural estarán dados por la normatividad local e internacional al que este sujeto el edificio caso de estudio.*

En la tabla 1.6 Actividades y técnicas en el diagnóstico, se muestran a manera de resumen actividades y técnicas recomendadas por distintos especialistas en patología de la construcción.

Tabla 1.6 Actividades y técnicas en el diagnóstico

| Actividades  | Técnicas  |
|--|---|
| Comprobación de hipótesis.                           | Análisis de resultados.                             |
| Reconstrucción del o los procesos patológicos.       | Parámetros y modelamiento de seguridad estructural. |
| Evaluación de lesiones: estructural, y de seguridad. |   |
| Comprobación de vulnerabilidad y durabilidad.        |   |
| Proyección de vida útil.                             |   |
| Conclusiones.  |   |
| Redacción del informe de diagnóstico.                |   |

### 1.2.3.3. Descripción del tratamiento.

Considerando que la elaboración de estudio patológico es la investigación del camino inverso de los procesos patológicos; la etapa de descripción de tratamiento es opcional, lo cual es llevado a cabo por algunos especialistas en patología, sin embargo, *en esta investigación el tratamiento es parte del estudio patológico.*

Para García de Miguel el diseño de tratamiento depende de las causas de la degradación de los materiales resultante del diagnóstico; y establece cinco tipos de intervenciones: i) limpieza, ii) consolidación del material, iii) Protección, iv) entonación estética, y v) programa de mantenimiento.

Kubal<sup>23</sup> al referirse al tratamiento como restauración, establece que “es el proceso de regresar el edificio o sus componentes sus condiciones originales o cercanas a estas después de usar el edificio o que el daño haya ocurrido” (Kubal, 2008) complementa la idea de García de Miguel.; también establece que es importante indicar especificaciones detalladas del tipo de material o sistemas a utilizar dentro de los proyectos de intervención.

*En esta investigación la etapa de recomendación de tratamiento tiene como objetivo determinar el tipo de intervención y sugerencia de tratamientos a partir de lo establecido en la etapa de diagnóstico, la recomendación de tratamiento se debe convertir en información de entrada para la planeación y desarrollo de trabajos de intervención y de mantenimiento.*

A continuación se exponen algunas de las técnicas y actividades mostradas por diferentes especialistas en patología de la construcción.

- a) *Limpieza*, son las técnicas y uso de equipo para eliminar manchas de suciedad; la selección del tipo de técnica depende de la catalogación patrimonial del edificio a tratar y del material a limpiar.
- b) *Reparación*, son las técnicas para que el elemento constructivo recupere su funcionamiento y nivel de seguridad original.

Sánchez y Álvarez señalan que la reparación debe ser tanto para la causa como para el efecto, teniendo prioridad la causa y de esta manera evitar que el remedio sea peor si solo se repara el efecto<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Michel T. Kubal como especialista en impermeabilización y humedades señala que “la labor de determinar las causas de filtraciones y seleccionar el sistema y materiales para reparación debe ser realizado por profesionales entrenados y experimentados”, una vez más la experiencia de quien desarrolle parte o todo el estudio patológico aparece en la bibliografía relacionada a la patología de la construcción; así que la experiencia se convierte en pieza clave para obtener resultados eficientes en los estudios patológicos, sin embargo, aun considero que existe una contradicción entre los diferentes especialistas ya que, entre ellos hay quien considera la patología en la construcción como medio de aprendizaje hacia aquellas personas con poca experiencia, así que tal vez sea un problema de concepto, y los autores en lugar de indicar que se requiere de experiencia deban decir conocimiento, ya que la experiencia se obtiene con la práctica y tiempo, mientras que el conocimiento puede adquirirse estudiando en un poco tiempo relativamente.

<sup>24</sup> Chávez y Álvarez ejemplifican las consecuencias de solo reparar el efecto de la siguiente manera “contemplamos continuamente grietas en paredes que se intentan *tapar* con pinturas y morteros superficiales y que vuelven a aparecer periódicamente, con más expresividad, sí cabe, o manchas de humedad que se

- c) *Consolidación del material*, es una variante de reparación que de acuerdo a García de Miguel “consiste en devolver al conjunto su cohesión original. Para ello es preciso sellar las fisuras existentes y en su caso efectuar anclaje de piezas con riesgo de desprenderse. Cuando la superficie del material a tratar se encuentra deteriorada por pérdida de ligante entre los granos habrá, que reintegrar las propiedades mecánicas de esta superficie suministrándole el ligante que ha perdido.” (Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Madrid, 1994)
- d) *Protección*, esta es una técnica característica de restauración en piedra que se aplica superficialmente en los materiales para evitar degradaciones futuras por condiciones ambientales y antropogénicas.
- e) *Reforzamiento*, es la técnica o conjunto de estas para fortalecer un elemento constructivo y resistir cargas y/o condiciones ambientales mayores a las existentes antes de la intervención.
- f) *Rehabilitación*, es la técnica de adaptación de los materiales, sistemas constructivos y espacios para cumplir con los requerimientos originales y nuevos de habitabilidad.
- g) *Entonación estética*, esta es una técnica perteneciente a la restauración de los inmuebles que se refiere a la homologación de patinas y reconstrucción de elementos arquitectónicos.
- h) *Mantenimiento*, Sánchez y Álvarez consideran que después de realizar las reparaciones de causas y lesiones es necesario establecer bajo el concepto de mantenimiento la programación de: i) revisiones visuales periódicas, ii)

---

cubren de sucesivas capas de pintura que se despenden periódicamente por no haber eliminado primero la causa” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)

Atender causas y efectos, en este orden dará mayor sentido a los estudios patológicos, porque además de conocer por qué y cómo sucedieron los deterioros en materiales y sistemas constructivos en un edificio caso de estudio, que desde el punto de la ciencia, llegar a este punto ha cumplido su objetivo; el estudio patológico será útil a una o un grupo de personas ya sea desde el punto de vista de seguridad, habitabilidad y/o económico, en este caso la elaboración de estudios patológicos se convierte en la aplicación de la ciencia a través de técnicas de reparación, rehabilitación, restauración y mantenimiento, lo que deja la reflexión de considerar la elaboración de estudios patológicos como tecnología.

reposición de materiales de acabado tomando en cuenta su vida útil, y por último iii) limpieza periódica.

En la tabla 1.7 Actividades y técnicas en la recomendación de tratamiento, se muestran a manera de resumen algunas actividades y técnicas planteadas por distintos especialistas en patología de la construcción.

Tabla 1.7

*Actividades y técnicas en la recomendación de tratamiento*

| Actividades                                       | Técnicas  |
|---|---|
| Determinar el tipo de intervención y tratamiento. | Análisis de resultados.<br>Técnicas de intervención.  |
|   | Limpieza.<br>Reparación.<br>Consolidación del material.<br>Reforzamiento.<br>Rehabilitación.<br>Protección.<br>Entonación estética.<br>Mantenimiento. |

## Capítulo II.

Aportaciones con la elaboración de estudios patológicos.

Considerando que la tecnología implica la transformación del ambiente para el beneficio del ser humano y es vital crear espacios, *la arquitectura está inmersa en la tecnología.*

Aunado a lo anterior estudiar las fallas cometidas al construir edificios en aprendizaje y fuente de perfeccionamiento de técnicas, procesos y construcción, ejemplos son: i) elevar el nivel de seguridad estructural de los rascacielos cada vez más altos, iii) utilizar materiales cada vez más ligeros y condiciones ambientales.

En la construcción se han desarrollado investigaciones que han permitido que los materiales se combinen de una manera que genera nuevas ideas.

Cada especialista relaciona sus trabajos y publicaciones ha sido para mejorar la calidad de la construcción.

2.1. **Aportación de especialistas en estructuras y en geotecnia.**

Las fallas estructurales en edificios durante su vida útil y en proceso de obra implican

*"Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo".  
Albert Einstein.*

*"Una idea no es ni más ni menos que una nueva combinación de viejos elementos"  
James Webb Young.*

*"La innovación no va ligada a la perfección. Innova y lanza, después tu esfuerzo te ayudará a perfeccionar"  
Bernardo Hernández, Google.*

*"Innovar es encontrar nuevos o mejorados usos a los recursos de que ya disponemos".  
Peter Drucker.*

## 2. Aportaciones con la elaboración de estudios patológicos.

Considerando que la tecnología implica la transformación del ambiente para el beneficio del ser humano y es vital crear espacios, *la arquitectura está inmersa en la tecnología.*

Aunado a lo anterior estudiar las fallas cometidas al construir edificios se convierte en aprendizaje y fuente de perfeccionamiento de técnicas, procesos y materiales de construcción, ejemplos son: i) elevar el nivel de seguridad estructural de los edificios, ii) lograr rascacielos cada vez más altos, iii) utilizar materiales cada vez más ligeros con mayor duración y resistencia a las condiciones ambientales.

En la patología de la construcción se han desarrollado investigaciones de aplicación de nanotecnología para potencializar propiedades de materiales que disminuyan mantenimiento y alarguen la vida de materiales, así como desarrollo de materiales de auto reparación<sup>25</sup>.

Por lo tanto, la patología en la construcción ha avanzado tecnológicamente a partir de los estudios de lesiones en edificios ya sea por causas antropogénicas y/o medio ambientales, en contextos de trabajos de investigación interdisciplinario.

Cada especialista relacionado con la patología en la construcción a través de sus trabajos y publicaciones ha sido parte de los avances tecnológicos en la construcción.

## **2.1. Aportación de especialistas en estructuras y en geotecnia.**

Las fallas estructurales en edificios durante su vida útil y en proceso de obra implican pérdidas económicas y en el peor de los casos pérdidas humanas<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> La Dra. Rajeswari Nayanamy, catedrática e investigadora en la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del estado de Durango, presentó en el VI Congreso Nacional Alconpat (2014) el avance de la investigación acerca de la aplicación de bacterias dentro del concreto, las expectativas era la reparación de microfisuras al ser rellenadas por la calcita producida por las bacterias.

<sup>26</sup> En el libro de Jacob Feld & Kenneth L. Carper "Construcción Failure", mencionan siete casos de edificios colapsados durante sus etapas de obra; un edificio de departamentos en Boston (1970); una torre residencial en Virginia (1973); la Torre Scaffold en Willow Island (1978), el techo de la Arena Rosmont Horizon en Chicago (1979); una construcción de concreto armado colapso en Florida (1981); una obra falsa en Chicago (1982) y la losa prefabricada pretensada de la Plaza L'Amiance en Boston (1987)



Especialistas en patología de estructuras enfatizan la relación entre las condiciones del suelo, las características de sistemas constructivos portantes y transmisión de cargas al suelo como causa de lesiones en edificios, ejemplo de esto es lo dicho por Baglioni y Guarnerio (Baglioni & Guarnerio): “Son numerosos los agentes y los acontecimientos que pueden disminuir la resistencia de los diferentes componentes estructurales de los edificios y , en particular los movimientos del suelo que provocan su desarticulación, las sobrecargas no previstas que son causa de desequilibrios estáticos que pueden llegar a ser graves, las variaciones térmicas e higrométricas que provocan desmoronamientos superficiales y profundos, y finalmente, los agentes atmosféricos que añaden a estos acontecimientos patológicos un proceso de degradación a menudo irreversible.”

Los edificios lesionados han sido utilizados por los especialistas en estructuras y geotecnia como casos estudio para aprender y evitar daños estructurales en nuevos proyectos, tomando diferentes acciones como son: i) revisión y modificación de códigos y normas de diseño estructural, ii) mejoras en técnicas de cimentación y excavación de edificios, iii) identificación de patrones de procesos patológicos; entre otras acciones.

#### 2.1.1. Revisión y modificación de códigos y normas de diseño estructural.

Chile y México son claros ejemplos de las aportaciones de cambios en normas de diseño estructural después del análisis de eventos sísmicos dañinos.

Los daños ocurridos en la Ciudad de México en 1985 por el sismo de 8.1 grados Richter fueron causa de revisión y modificación a las normas estructurales, se determinó

---

En la Ciudad de México en 1985 el sismo de 8.1 grados Richter generó una gran catástrofe al caer edificios habitacionales, escuelas, oficinas, teatros, entre otros, se estima que fueron alrededor de 400 edificios derrumbados y mucho más quedaron vulnerables. (Páramo, 2015)

El terremoto de 8.8 grados Richter en el 2010 en Chile provocó daños en infraestructura en diferentes ciudades y pueblos. El Ministerio de Vivienda tomó como una de sus acciones la revisión de normatividad para la construcción, en el artículo “A seis meses del terremoto: Los cambios en normas de la construcción que impulsa la ministra Matte”, menciona lo siguiente: “Nuevas especificaciones para mecánica de suelos, cambios en normas de construcción sísmica, ordenanzas para asegurar los elementos no estructurales de las viviendas, un registro nacional para Inspectores Técnicos de Oba y sanciones para profesionales que incumplan sus deberes, son parte del paquete que analiza un consejo multidisciplinario y políticamente transversal. (Ramírez, Fouilloux, & Fossa, 2010)

mejorar los sistemas de cimentación y engrosar las columnas de concreto armado, entre otras acciones.

El reglamento de construcción de la Ciudad de México ha cumplido ya treinta años, durante los cuales los edificios han resistido sismos de menor intensidad a 8.1 grados Richter.

En el caso de Chile después del terremoto de 9.5 grados Richter en la ciudad de Valdivia (1960), los ingenieros chilenos mejoraron sus normas estructurales y sísmicas, solicitando el aumento de refuerzo en elementos de concreto armado y construyendo “muros de cortante”.

En 1985 Chile reformuló su norma NCh 433 de diseño sísmico de construcciones después de soportar un sismo 7.8 grados Richter.

Por último, en 2010 por lo menos once de veinticuatro edificios habitacionales en Chile tuvieron daños similares en los muros esbeltos de las plantas bajas después del sismo de 8.8 grados Richter, lo que llevó al cuestionamiento de especialistas chilenos y estadounidenses acerca de los efectos sísmicos en elementos estructurales esbeltos en plantas bajas; el haber construido áreas libres en planta baja dio mayor oportunidad de estacionamiento, lo cual había sido una práctica común en Santiago (Chile) y California (E.E.U.U), sin embargo los daños ocasionados en edificios con las características antes mencionadas dejó enseñanza para al menos dos países y el interés de revisar comportamiento de elementos estructurales esbeltos en plantas bajas y normatividad.

#### 2.1.2. Mejoras en técnicas de cimentación y excavación de edificios.

A continuación se presentan como ejemplos dos técnicas generadas para reforzar el suelo.

La técnica de Jet –Grouting es un proceso para recalzar los edificios; consiste en inyectar lechada de mortero a alta presión en el suelo, lo que mejora las condiciones de resistencia del suelo.

Subexcavación, esta técnica fue utilizada en la corrección de los asentamientos diferenciales de la Catedral de la Cd. de México; el primer paso fueron las perforaciones del suelo para las lumbreras, por las cuales se extrajo material.

### 2.1.3. Identificación de patrones de procesos patológicos.

Todos los manuales de patologías en la construcción que mencionan procesos patológicos por causas mecánicas muestran los mismos patrones de fisuras y grietas por cortante, flexión, torsión, compresión, etc.

Ejemplo de patrones patológicos son:

- i) Las fisuras y grietas a 45° en esquinas de vanos presentadas en la figura 2.1 Fisuras de cortante, edificio de la Cd. de México, es muy probable que sean causadas por asentamientos.



Figura 2.1 Fisuras de cortante, edificio de la Cd. de México

- ii) En la figura 2.2 Fisuras de cortante sísmico, se muestra las marcas de fisuras y grietas a 45° formando cruces; este patrón patológico corresponde a esfuerzos de cortante sísmico, Liceo Metropolitano para Adultos en Santiago Chile.

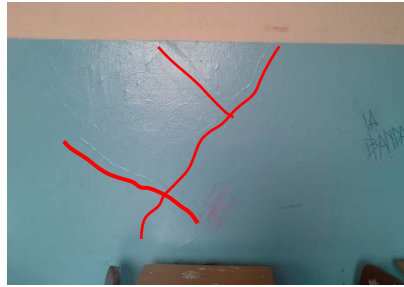


Figura 2.2 Fisuras de cortante sísmico, Liceo Metropolitano para Adultos en Santiago, Chile.

- iii) Las manchas color marrón como se muestran en la figura 2.3. Manchas por oxido, Centro Cultural la Moneda en Santiago, Chile, son patrones patológicos de corrosión cuando se encuentran en elementos de concreto armado en las zonas donde debe existir acero de refuerzo.



Figura 2.3 Manchas por oxido, Centro Cultural la Moneda en Santiago, Chile.

#### 2.1.4. Desarrollo de técnicas de reparación.

En seguida se exponen dos técnicas de reparación como ejemplos de aportación desde los trabajos realizados en el ámbito de la patología de la construcción.

- i. Inyección con resina epoxi, esta técnica tiene como objetivo rellenar a presión con pistolas manuales o neumáticas fisuras inactivas con material epóxico en elementos constructivos que requieren de la recuperación de continuidad de trabajo a tensión, flexo compresión, compresión o cortante.
- ii. Uso de fibra de carbono, de aramida o de vidrio, son materiales que refuerzan las características de tensión y cortante, son hojas que envuelven el elemento constructivo a ser reforzado, la aplicación de las fibras esta normado por la ACI 440.

#### 2.2. Aportaciones de especialistas en humedad en materiales.

La humedad es uno de los síntomas y lesiones más comunes que influyen en el deterioro de materiales, por ello los especialistas al estudiar los fenómenos de filtración, capilaridad y absorción en los edificios han contribuido en:

- i) Crear concretos hidrófugos.
- ii) Aplicación de resinas epoxi.
- iii) Aditivos puzolanicos para disminuir la porosidad en concreto y morteros.

El concreto hidrófugo tiene la característica de impedir el paso del agua por los conductos capilares del concreto o mortero en estado sólido haciendo que se resbale el agua sobre la superficie hidrófuga.

Un ejemplo de la aplicación de morteros hidrofugantes es la solución practicada en Cuba en las lesiones de cubiertas por falta de mantenimiento (más de 30 años sin mantenimiento), evitando y mitigando mayor grado de deterioro (García, Sánchez Rodríguez, Ruiz Cabrera, Araújo Bertini, & Sánchez García, 2013)

Las Resinas epoxi son utilizadas como aditivos al mortero, concreto y pinturas para evitar el paso de humedad del medio ambiente al que están expuestos elementos constructivos.

Los materiales puzolanicos son: cenizas volantes, escorias granulares de altos hornos, y humo de sílice que al integrarse a las mezclas de concreto y mortero se forman cristales que tapan los conductos capilares de las mezclas en estado endurecido y por lo tanto evitan el paso de humedad.

### **2.3. Integración de técnicas de la administración de proyectos a la elaboración de estudios patológicos.**

Tomando en cuenta que la patología de la construcción es receptiva al trabajo interdisciplinario y adopción de técnicas de otras disciplinas; en esta investigación se ha considerado la aportación en la elaboración de estudios patológicos al integrar al menos cuatro técnicas de la administración de proyectos: i) la administración de riesgos, ii) la planeación de proyecto, iii) la técnica de las lecciones aprendidas.

#### 2.3.1. La administración de riesgos.

La evaluación de proyectos establece algoritmos que evalúan cuantitativamente los riesgos de inversión en proyectos, por lo tanto siempre existen variables numéricas que al relacionarlas producen valores de pérdidas y ganancias en un lapso de tiempo determinado en un negocio, lo cual clarifica la toma de decisiones de los inversionistas.

Para la administración de proyectos los riesgos significan los probables sucesos positivos o negativos que influyen en el desarrollo de proyectos y productos.

La administración de riesgos es el conjunto de métodos y técnicas que auxilian la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre, por medio de procesos sistematizados como son: i) identificación de riesgos, ii) evaluar y priorizar los riesgos, iii) elaboración de planes de respuesta y iv) seguimiento y control de los riesgos.

Trasladando los conceptos de la evaluación y administración de proyectos a la toma de decisiones para priorizar tareas de intervención en edificios lesionados se asentó las siguientes ideas:

- i) Adaptar el proceso de identificación de riesgos a la determinación de gravedad de lesiones en el desarrollo de estudios patológicos.
- ii) Adaptar el proceso de evaluar y priorizar los riesgos a la determinación de gravedad de lesiones en el desarrollo de estudios patológicos.

- iii) Establecer parámetros numéricos que califiquen: i) funcionalidad, ii) seguridad, iii) probabilidad e iv) impacto; que relacionados con algoritmos representen valores de priorización de tareas de intervención.

Por lo tanto se han establecido dos tareas: la identificación de riesgos para determinar la gravedad de lesiones y ii) la evaluación cualitativa de la gravedad de las lesiones.

La tarea de identificación de riesgos para determinar la gravedad de lesiones en esta investigación se plantea como la lluvia de ideas de las futuras problemáticas relacionadas con la falta de atención de las lesiones analizadas en los estudios patológicos. Realizar este trabajo en conjunto con especialistas establece mayor confiabilidad a las decisiones que se tomen para las tareas de intervención.

Para la identificación de riesgos es necesario conocer: i) el estado actual del edificio, ii) las posibilidades de evolución de las lesiones, iii) los estados límite de falla y de servicio de los elementos constructivos lesionados, y iv) la relación del deterioro de los materiales con respecto a las condiciones ambientales<sup>27</sup>.

La lluvia de ideas deben ser enunciados que describan la causa, el riesgo y el impacto<sup>28</sup>, por ejemplo: lluvias continuas de más de 270 mm provocaran la saturación de agua en el aplanado (causa) generando el desprendimiento del aplanado de fachada

---

<sup>27</sup> En el artículo "Problems in failure analysis Building pathology" (Molnárka, 2000), menciona que: "Los expertos en patología de edificios deben ser objetivos con habilidades. Pero existe una contradicción en su trabajo: como son las decisiones de intervención, los expertos describen y analizan los eventos, pero no los evalúan. Sin embargo, en la práctica los expertos a menudo hacen reflexiones de mejora de calidad, influyendo las conclusiones finales de cada evento. Si la reflexión se da con la habilidad inadecuada, el trabajo del experto hará más daño que la lesión estudiada. La habilidad en nuestro caso significa el conocimiento detallado de la relación de los efectos del medio ambiente, construcciones y sus materiales"; este comentario ha sido un punto importante para considerar la patología de los edificios como un medio de aprendizaje, esto es, según Gergely Molnárka, para que el patólogo determine un diagnóstico correcto de las lesiones en edificios debe conocer la relación medio ambiente – edificio – materiales, en esta investigación se plantea que la elaboración de estudios patológicos entrega información de la reacción de los materiales utilizados en los edificios con respecto al medio ambiente y a condiciones antropogénicas.

<sup>28</sup> Para que se genere un riesgo es necesaria una o más causas, el riesgo es único, y puede existir más de un impacto.

(riesgo), lo cual podría lastimar a transeúntes (impacto). Cada causa, riesgo e impacto debe estar documentado con datos duros.

La tarea de evaluación cualitativa de la gravedad de lesiones es la relación que existe entre probabilidad – impacto del riesgo en conjunto con el grado de funcionalidad – seguridad de elementos constructivos, espacios y el edificio.

En esta investigación se ha adaptado la matriz de impacto probabilidad para evaluar en conjunto el impacto, la probabilidad, la funcionalidad y la seguridad del edificio caso de estudio; primero se evalúa la relación impacto – probabilidad con una matriz; el segundo paso es evaluar la relación función – seguridad con otra matriz; por último se combinan los valores resultantes del paso uno y dos en una tercera matriz.

A continuación se explica el uso de cada una de las tres matrices mencionadas.

- i) La matriz de impacto – probabilidad, es una cuadrícula formada por tres columnas y tres filas; leyendo las columnas de izquierda a derecha, la primera indica probabilidad alta de que suceda el riesgo; la segunda, la probabilidad es media, y la tercera columna pertenece a probabilidad baja; el renglón inferior representa alto impacto en caso de que suceda el riesgo, el renglón de en medio es un impacto medio, y el superior indica bajo impacto. Cada celda formada por el cruce de renglones y columnas contiene un valor de prioridad del 1 al 9 con una escala adicional de cuatro colores, el “1” es la prioridad más alta y el “9” es la prioridad más baja, por lo que un riesgo con probabilidad e impacto alto pertenece a la casilla 1, mientras que un impacto y probabilidad bajos caen en la casilla 9 que es la prioridad más baja. Ver figura 2.4.



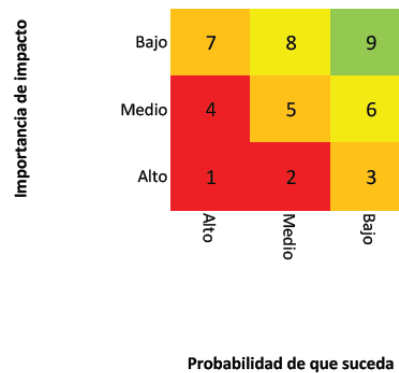


Figura 2.4 Matriz probabilidad - impacto.

- ii) La matriz de funcionalidad – seguridad, es una cuadrícula formada por tres columnas y tres filas; leyendo las columnas de izquierda a derecha, la primera indica nulo funcionamiento del elemento constructivo, la segunda representa que el elemento constructivo tiene problemas y la tercera columna señala que el funcionamiento es aceptable; el renglón inferior representa baja seguridad de habitabilidad del espacio, el renglón de en medio indica que existe vulnerabilidad y el superior es aceptable la seguridad. Cada celda contiene un valor de prioridad del 1 al 9 con una escala de cuatro colores, el “1” es la prioridad más alta y el “9” es la prioridad más baja, por lo que un elemento constructivo con nulo funcionamiento y la seguridad del espacio sea baja pertenece a la casilla 1, mientras que la seguridad del espacio y funcionamiento del elemento sean aceptables caen en la casilla 9 que es la prioridad más baja de atención. Ver figura 2.5.

|                       |            |   |               |           |
|-----------------------|------------|---|---------------|-----------|
| Seguridad del espacio | Aceptable  | 7   | 8             | 9         |
|                       | Vulnerable | 4   | 5             | 6         |
|                       | Bajo       | 1   | 2             | 3         |
|                       |            | Nulo  | Con problemas | Aceptable |
|                       |            | Funcionamiento del elemento constructivo o material |               |           |

Figura 2.5 Matriz de funcionalidad - seguridad

- iii) Matriz de combinación de matrices, después de correlacionar las matrices de “probabilidad – impacto” y “funcionalidad – seguridad”, se deben correlacionar los valores de prioridad de las dos matrices anteriores.

La combinación de matrices se basa en los colores, además se ha establecido el criterio de dar mayor peso a la seguridad y funcionamiento de elementos constructivos y espacios que al impacto y probabilidad de riesgos.

El color rojo tiene la prioridad más alta, sigue el naranja, después el amarillo y por último el verde, por lo tanto si un riesgo está valorado en rojo en seguridad – funcionamiento e impacto – probabilidad la prioridad es la más alta y la atención de intervención es urgente, mientras que si los valores en las dos matrices es verde la prioridad es la más baja.

La combinación de matrices se convierte en una tercera matriz que establece la prioridad de atención y nivel de seguridad utilizando el semáforo de colores, a continuación se presenta la imagen de esta tercera matriz. Ver figura 2.6

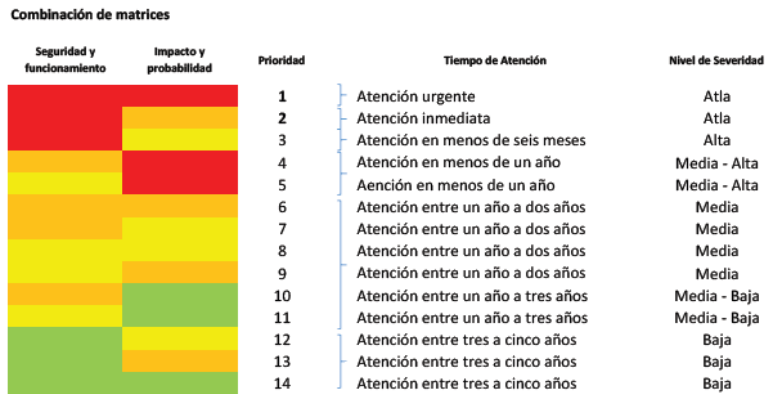


Figura 2.6 Combinación de matrices.

El tiempo de atención es modificable al criterio de quien o quienes estén desarrollando el estudio de severidad de lesiones.

### 2.3.2. La planeación del proyecto.

Un proyecto es “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. (Project Management Institute, 2013). Por lo tanto la coordinación e interacción de los estudios y pruebas realizadas por distintos especialistas para resolver hipótesis de procesos patológicos en edificios es un proyecto.

Planear proyectos es definido por González y Martínez (González de la Cueva & Martínez del Campo Rangel, 2008) como: “lo que se espera que se ejecute, supervise y cierre el proyecto a través de la integración de los resultados de los procesos que son parte de la planeación”

Una planeación de proyecto está compuesta por: i) el alcance del proyecto, ii) el cronograma de actividades, iii) el presupuesto, iv) requerimiento de personal, v) plan de la gestión de calidad, vi) plan de riesgos, vii) plan de comunicación y viii) plan de administración de cambios.

En esta investigación se han considerado parte de las características de la planeación de proyectos para establecer el plan de trabajo interdisciplinario de diferentes especialistas durante la etapa del conocimiento profundo de los estudios patológicos.

La intención del plan de trabajo es que sea conocido por todos los participantes antes de iniciar los trabajos especializados durante una reunión Kick off para que sea discutido y coordinado por una sola persona que establezca orden y haga eficientes los resultados de pruebas y estudios. La persona que coordine debe ser un facilitador para los involucrados en los estudios especializados.

El plan de trabajo se ha aterrizado en un formato de planeación compuesto por: i) objetivo de los estudios especializados, ii) lista de estudios especializados, iii) matriz de relaciones entre los estudios especializados, iv) Programa general de actividades de estudios especializados, v) plan de comunicación, y vi) lista de documentos y planos de referencia.

A continuación se explican cada uno de los componentes del formato de planeación de estudios especializados.

El objetivo de los estudios especializados debe expresar de manera detallada, el qué y para qué se requieren desarrollar los estudios especializados, así como el tiempo disponible; por ende dichos estudios deben ampliar la información de propiedades de los materiales en su estado actual y comprobar las hipótesis; un ejemplo se muestra la figura 2.7.

**Objetivo de los estudios especializados**

Los resultados de cada estudio deberán correlacionarse y en conjunto aclarar datos técnicos para reforzar, eliminar o crear nuevas hipótesis de causas y procesos patológicos.

Figura 2.7 Objetivo de los estudios.

La lista de estudios especializados indica el nombre de cada estudio y la ubicación dentro del inmueble; el ejemplo se presenta en la figura 2.8.

**Lista de estudios especializados** (para mayor detalle ver las fichas de planeación de cada estudio)

| No. | Tipo de estudio                                  | Zona de estudio   |
|-----|--|---|
| 1   | Estudio de diferencia de temperatura y radiación | 2º piso en caras interiores y exteriores de fachadas Oriente y Norte, y cubierta de azotea. |
| 2   | Estudio de alcalinidad (pH) en materiales        | Trabe de segundo piso en eje 4 entre C-E y Muro de planta baja en eje B.                    |
| 3   | ---  | ---   |

Figura 2.8 Lista de estudios.

La matriz de relaciones entre los estudios especializados es una técnica que ha sido adaptada del proceso de diseño arquitectónico, que utiliza un diagrama que consiste en dos zonas. La primera es una columna con cada uno de los estudios especializados colocados de manera consecutiva, y la segunda parte son renglones a 45° interseccionados formando celdas.

Así que cuando una celda es rellena significa que los dos estudios están directamente relacionados, el ejemplo de esta matriz de relaciones se encuentra en la figura 2.9 Matriz de relaciones entre los estudios especializados.

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Estudio geotécnico                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Extracción de muestras de concreto                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Pruebas de adherencia de pintura                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Pruebas de corrosión de armado de losa de concreto |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Estudio petrográfico de hormigón                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Pruebas de compresión de muestras de concreto      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Revisión estructural                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Revisión biológica                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.9 Matriz de relaciones entre los estudios especializados.

El programa general de actividades de estudios especializado, es el listado de las actividades principales de todos los estudios a realizar indicando inicio, fin y duración, de esta manera se visualiza la relación entre las diferentes tareas de las especialidades ubicadas en tiempo.

El plan de comunicación es el conjunto de lineamientos que todos los involucrados en la etapa de conocimiento profundo deben considerar para solicitar y transferir información.

La lista de documentos y planos de referencia, es la información generada en el conocimiento básico que servirá a los especialistas como guía para ubicar zonas de estudio y visualizar previamente las lesiones a estudiar.

### 2.3.3. La técnica de las lecciones aprendidas.

Es una herramienta de la administración de proyectos que transfiere conocimientos históricos de proyectos de anteriores a nuevos de manera sistemática. Su principal beneficio es que la experiencia de años puede ser adquirida por personas con poca experiencia en un periodo corto; en consecuencia contribuye a la toma de decisiones que ayudan a mejorar el desempeño de nuevos proyectos.

Aplicar las lecciones aprendidas requiere de madurez de los involucrados y apegarse a códigos de ética. Para desarrollar las lecciones aprendidas se requiere llevar a cabo cinco tareas que son: i) la identificación, ii) documentación, iii) análisis, iv) almacenamiento y v) aplicación de lecciones.

La identificación consiste en hallar las causas origen y colocarlas en una lista que describa cual es la causa, donde apareció y cuando; es importante evitar toda confusión entre causas y síntomas.

En la documentación se recaba la información del estado actual, planos, intervenciones anteriores, pruebas, observaciones de especialistas, es decir todo aquello relacionado con cada una de las causas identificadas y capturadas en la lista.

El análisis se lleva a cabo a través de la revisión de información por parte de especialistas y del encargado de elaborar el estudio patológico utilizando herramientas como: i) la técnica de mapeo, ii) cadenas de causalidad, iii) diagramas de causas y efectos, iv) planeando remedios, v) análisis de causas raíz y de riesgos. Se desarrollan documentos reflexivos explicando por qué surgen las causas origen de las fallas en los edificios y las posibles soluciones para evitar fallas desde un inicio, es recomendable que existan formatos preestablecidos que contengan descripción de la causa, la lección aprendida, acciones a tomar, como llegar a la acción a tomar y palabras clave.

Los formatos de los documentos reflexivos pueden ser diarios, narrativas, reportes detallados, resúmenes de una sola página, conclusiones, publicaciones y artículos.

El almacenamiento prácticamente es la base de datos de las lecciones aprendidas que deben obedecer a un orden para su guardado, consulta y actualización, dicha base de datos se complementa con redes sociales y repositorios que deben ser accesibles y de un funcionamiento intuitivo.

La aplicación de lecciones es la última tarea, se recomienda que las lecciones aprendidas sean leídas y utilizadas en el inicio del diseño de edificios, antes del arranque de obra o durante el diseño de nuevos materiales; su difusión debe ser útil para capacitación de profesionales y trabajadores de la construcción, y se transfiera por redes sociales y repositorios como se ha mencionado anteriormente, así como a través de mensajería instantánea, videoconferencias, presentaciones, talleres de debates grupales, elaboración de prototipos y conferencias.

#### 2.3.4. Análisis causa – efecto de Ishikawa.

Considerando la aplicación del pescado de Ishikawa en el área de la manufactura y en la patología de edificios<sup>29</sup> junto con el criterio de clasificación de causas directas e indirectas, incluyendo sus sub clasificaciones, se ha planteado en esta investigación el uso del análisis causa – efecto de Ishikawa enfocado a la elaboración de hipótesis de procesos patológicos e información que soporten lecciones aprendidas.

El primer paso es crear una lluvia de ideas dentro de una tabla de dos columnas, en la primera se debe escribir causas directas y en la segunda las indirectas.

El segundo paso es ubicar cada idea en el diagrama de Ishikawa que se presenta en la figura 2.10.

---

<sup>29</sup> Mansur & Mansur formularon una propuesta de análisis de causa – efecto con el diagrama de Ishikawa, en el capítulo 1 de este trabajo de investigación se muestra la imagen del diagrama.

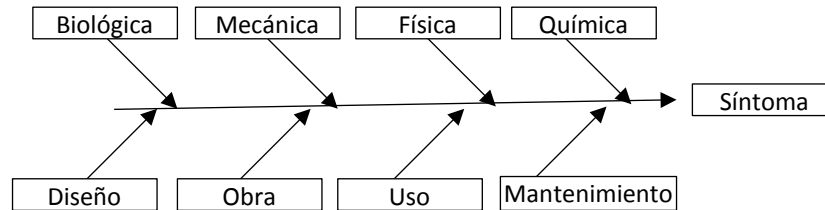


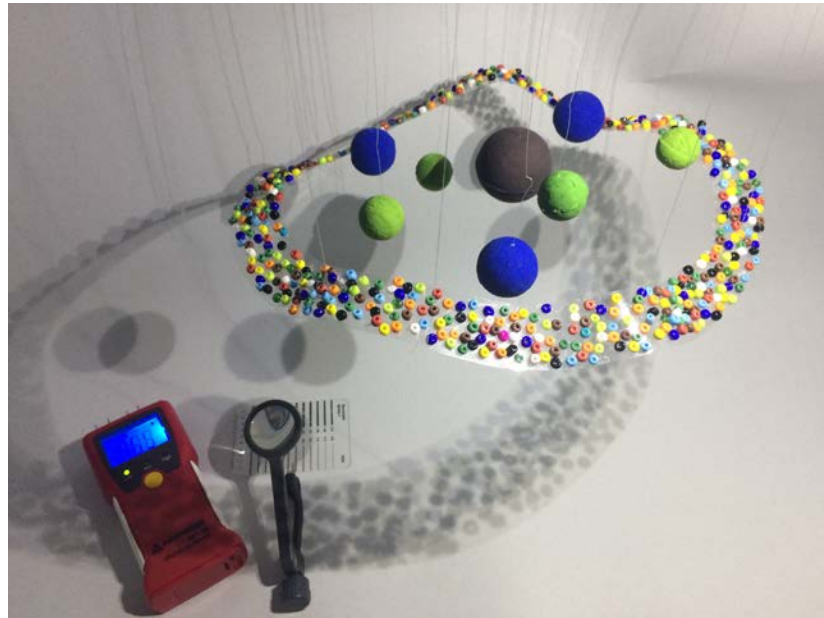
Figura 2.10 Diagrama Causa – Efecto de esta investigación

El tercer paso es cuestionar cada idea general colocada en las primeras espinas con la pregunta ¿por qué? hasta un máximo de cinco veces, con lo cual se obtiene las causas raíces.

El cuarto paso, después de que se hallan formulado y probado las hipótesis de procesos patológicos se debe buscar las causas origen para establecer lecciones de aprendizaje para diseñadores, constructores, fabricantes de materiales, investigadores y docentes.



## **Capítulo III.**



### **3. La patología de edificios vista como un sistema.**

Para conocer el por qué y cómo se degradan los materiales es necesaria la investigación de forma metódica, por lo tanto, la aplicación de estudios patológicos es el medio adecuado para adquirir conocimientos del origen y evolución de las lesiones en edificios.

El estudio patológico se convierte en el eje rector de la ciencia de la patología en la construcción, que requiere y genera recursos como son:

- i) Instrumentos y normatividad para realizar pruebas semi destructivas y no destructivas.
- ii) Normatividades en el diseño y construcción de inmuebles e infraestructura.
- iii) Bases de datos que soportan nuevos estudios patológicos.
- iv) Recopilación de conocimiento traducida en manuales de sistemas constructivos y de procesos patológicos.

En esta investigación se plantea visualizar la patología de edificios como un *sistema*, de manera paralela a su condición de ciencia que se ha expuesto en el capítulo I de este documento.

Un sistema es la interacción de elementos que cumplen objetivos en común; para describir cómo funcionan se realizan modelos, estos se materializan en: i) prototipos, ii) algoritmos, y iii) diagramas.

En la investigación Patología de Edificios Enfocada a las Lecciones Aprendidas se aplicará un modelo de sistema de caja blanca para representar cómo funciona la patología en edificios. En el modelo de sistema de caja blanca se debe mostrar: i) entradas, ii) el mecanismo del sistema, y iii) las salidas.

En la patología de edificios, existe una sola entrada que es el proceso patológico<sup>30</sup>; el mecanismo se compone de: i) recursos, ii) bases de datos, y iii) lecciones aprendidas; en cuanto a las salidas se consideran: i) proyectos de intervención, ii) programas de mantenimiento, iii) difusión de conocimiento, iv) mejoras en proceso de diseño y ejecución de obra, y v) información para el diseño de materiales.

---

<sup>30</sup> El único detonante para que el sistema empiece a trabajar es el proceso patológico, si no hay lesiones en edificios, la ciencia de la patología de la construcción no tiene sentido.

En la figura 3.1 se observa:

- i) Al centro como elemento eje el estudio patológico (1).
- ii) En las orbitas los recursos que apoyan la elaboración de estudios patológicos:
  - a. Formatos (2).
  - b. Instrumentos (3).
  - c. Técnicas de análisis (4).
  - d. Datos de consulta (5).
  - e. Glosario (6).
  - f. Lecciones aprendidas (7).
  - g. Normatividad (8).
  - h. Base de datos (9).

En la parte superior está el proceso patológico como detonante del movimiento y en el lado opuesto las salidas.

En este modelo de sistema de la patología en edificios se consideran las nuevas tecnologías y materiales en la construcción como factores externos influyentes al sistema.

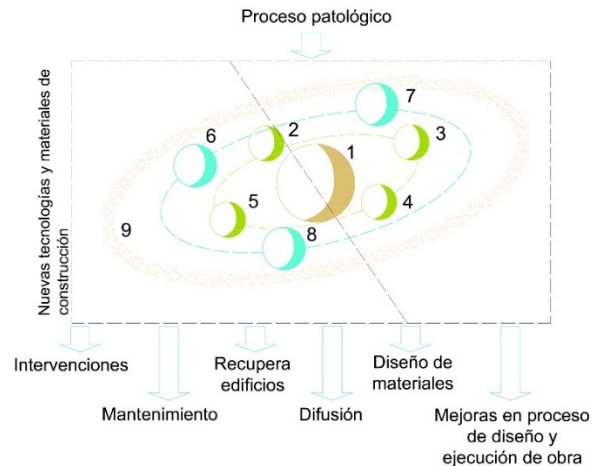


Figura 3.1 Modelo del sistema de la patología en edificios.

### **3.1. Elemento eje, estudio patológico.**

Es la investigación de la causa, procesos patológicos de lesiones encontradas en los edificios caso de estudio y recomendaciones de tratamientos.

### **3.2. Órbita de elementos básicos.**

Son los recursos indispensables para desarrollar estudios patológicos en el que su perfeccionamiento es proporcional a la frecuencia de utilización.

La órbita de elementos básicos está compuesta por: i) formatos, ii) instrumentos, iii) técnicas de análisis, y iv) datos de consulta.

#### **3.2.1. Formatos.**

Son las herramientas que apoyan la sistematización de los procesos para la elaboración de estudios patológicos, su función es registrar información de manera ordenada, clara y sencilla, deben contener instructivo, resolverse en medio electrónico y con la posibilidad de transferir información a bases de datos.

#### **3.2.2. Instrumentos.**

En la inspección y tareas de experimentación se requieren de aparatos de medición para realizar pruebas de calidad de materiales; estas pruebas se agrupan en: i) no destructivas y ii) semi destructivas.

Dependiendo del patrón patológico y material a estudiar y se define el tipo de prueba e instrumento, y de acuerdo al tipo de instrumento es seleccionada la normatividad internacional y/o local que especifica los procesos de uso de equipos e interpretación de resultados.

Algunos ejemplos de equipos para pruebas no destructivas y semi destructivas se muestran en las tablas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6

Las tabla 3.1, 3.2 y 3.3 contiene nueve de las pruebas físicas, químicas y mecánicas más comunes y básicas, para determinar propiedades de: i) porosidad, ii) resistencia a la compresión,

iii) detección de metales, iv) fallas en soldadora, v) geometría en elementos constructivos y el edificio en conjunto, así como vi) temperatura.

Tabla 3.1  
*Instrumentos y pruebas físicas clasificados como no destructivos*

| Equipo/Prueba           | Objetivo   | Fundamento  | Material  | Normatividad  |
|-------------------------|--|---|---|---|
| Ultrasonido             | Conocer propiedades de homogeneidad, porosidad y profundidad de fisuras.                                     | Emisión de ondas ultrasónicas a través de los transductores al material.                  | Piedra.<br>Concreto.<br>Madera.<br>Placas metálicas.          | ASTM C-597-02<br>ASTM D 4580<br>UNE-EN 12778-1<br>UNE-EN 27963<br>NMX-C-275-<br>ONNCCE-2010 |
| Pachometro              | Detectar la ubicación de acero dentro del concreto.  | Basado en el principio de reluctancia.  | Concreto armado.<br>Tabla cemento.<br>Placas de fibrocemento. |   |
| Higrómetro eléctrico    | Medir el grado de humedad en los materiales.   | Su funcionamiento se basa en el principio de constante dieléctrica.                       | Madera.<br>Yeso.<br>Concreto.<br>Piedra.                      | NMX-C-443-<br>ONNCCE-2006   |
| Rayos X                 | Identificar porosidad, fisuras y discontinuidad en el material de estudio.                                   | La penetración de rayos X en el material de estudio permite imprimir placas fotográficas. | Concreto.<br>Acero.<br>Madera.                                | UNE-EN<br>1435:1998<br>ASTM E1815   |
| Mediciones topográficas | Revisar y registrar la posición, geometría, dimensiones y niveles de elementos constructivos y de edificios. | Se fundamenta en conocimientos de geometría y trigonometría.                              | Concreto.<br>Acero.<br>Madera.<br>Piedra                      |   |

| Equipo/Prueba | Objetivo   | Fundamento   | Material   | Normatividad |
|---------------|--|--|--|--------------|
| Georadar      | Identificar discontinuidad y homogeneidad en los materiales.         | Se basa en impulsos de ondas electromagnéticas de frecuencias entre 100 MHz y 1 GHz que viajan por transductores hacia la superficie de estudio. | Arcilla.<br>Concreto simple.<br>Madera.<br>Piedra.                 |              |
| Termografía   | Detectar la temperatura de la superficie y plasmarla en fotografías. | Las cámaras termográficas funcionan con rayos infrarrojos los cuales perciben diferentes temperaturas.   | Arcilla.<br>Concreto.<br>Madera.<br>Piedra.<br>Cerámica.<br>Acero. | DIN EN 13187 |

Tabla 3.2  
*Instrumentos y pruebas mecánicas clasificados como no destructivos*

| Equipo/Prueba           | Objetivo  | Fundamento  | Material  | Normatividad   |
|-------------------------|---|---|-----------|--|
| Esclerómetro de Schmidt | Medir el rebote de impacto y conocer así la resistencia a la compresión del concreto. | Por medio de la percusión del mecanismo interno del equipo determinar valores de resistencia. | Concreto. | ASTM C805<br>EN-12504-2<br>NMX-C-192-<br>ONNCCE-2006 |

Tabla 3.3  
*Instrumentos y pruebas químicas clasificados como no destructivos*

| Equipo/Prueba        | Objetivo   | Fundamento  | Material | Normatividad |
|----------------------|--|---|----------|--------------|
| Líquidos Penetrantes | Marcar la discontinuidad en superficies metálicas. | A través de la capilaridad el líquido entra al metal y de esta manera se identifica porosidad, oquedades y fisuras. | Metal    | ASTM E165-95 |

Las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 están integradas por las pruebas físicas, químicas y mecánicas semidestructivas más comunes que indican propiedades en materiales como: i) piedra, ii) concreto y iii) acero, que fueron los materiales más mencionados en las lecturas realizadas en esta investigación.

Tabla 3.4  
*Instrumentos y pruebas físicas clasificados como semi destructivos*

| Equipo/Prueba         | Objetivo  | Fundamento  | Material             | Normatividad  |
|-----------------------|---|---|----------------------|---|
| Extracción de núcleos | Obtener muestras del material a estudiar del elemento constructivo indicado.  | Cortar una parte del elemento constructivo por medio de barrenos.                                       | Concreto.<br>Roca.   | ASTM C42/C42M-13<br>NMX-C-169-1997-ONNCCE<br>ASTM D2216-10<br>NMX-C-221-ONNCCE-2005 |
| Petrografía           | Describir y clasificar los componentes de rocas y concretos por medio de la observación en microscopio de láminas delgadas. | El microscopio trabaja con luz polarizada plana y polaroid que hace visible los cristales de 10 micras. | Piedra.<br>Concreto. | ASTM C856<br>ISO 7404/5<br>NMX-C-265-ONNCCE-2010                                    |
| Corrosímetro          | Medir el grado de corrosión en acero.   | Se base en la diferencia de potencial eléctrico.  | Concreto armado      | ASTM C 876-91   |

| Equipo/Prueba          | Objetivo  | Fundamento  | Material   | Normatividad              |
|------------------------|---|---|--|---------------------------|
| Microscopio de barrido | Detectar elementos químicos y las características de muestras solidas mostrando los resultados con imágenes tridimensionales. | El microscopio funciona con rayos catódicos (electrones) que inciden en la muestra.   | Concreto.<br>Madera.<br>Metales.<br>Cerámicos.<br>Polímeros. | NMX-CC-9001-<br>IMNC-2008 |
| Endoscopia             | Elaborar la inspección visual interna de elementos constructivos.   | Por medio de una perforación se introduce una sonda con lentes que permiten observar las condiciones del interior del elemento. | Arcilla.<br>Concreto.<br>Piedra.                             |                           |

Tabla 3.5  
*Instrumentos y pruebas mecánicas clasificados como semi destructivos*

| Equipo/Prueba           | Objetivo  | Fundamento  | Material            | Normatividad   |
|-------------------------|---|---|---------------------|--|
| Adherencia por arranque | Medir la resistencia a la tracción en la superficie de elementos constructivos. | Después de colocar un adhesivo en la superficie se pega un disco de prueba, el cual se arranca y se mide la fuerza necesaria para separar el disco. | Acero.<br>Concreto. | ASTM D4541   |
| Prensa hidráulica       | Conocer la resistencia a la compresión de la muestra.                           | Se basa en el principio de Pascal.  | Concreto.<br>Roca.  | ASTM C39/C39M<br>AASHTO T22<br>NOM-114-SCFI-<br>2006 |



| Equipo/Prueba        | Objetivo  | Fundamento   | Material                                   | Normatividad             |
|----------------------|---|--|--|--------------------------|
| Ensayo de gato plano | Determinar la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad y de Poisson en mampostería. | El sistema de placas metálicas dentro de las ranuras en las juntas horizontales de la mampostería y la bomba hidráulica genera presión en el tramo de muro a estudiar la cual es medida. | Mampostería en: Arcilla, Cerámica, Piedra. | ASTM C1196<br>ASTM C1197 |

Tabla 3.6  
*Instrumentos y pruebas químicos clasificados como semi destructivos*

| Equipo/Prueba         | Objetivo   | Fundamento  | Material             | Normatividad   |
|-----------------------|--|---|----------------------|--|
| Carbonatación         | Identificar carbonatación considerando contenido bajo de pH en la muestra. | Por medio de capilaridad la fenolftaleína entra al material generando coloración donde el pH es alto. | Piedra.<br>Concreto. | ASTM D1293   |
| Contenido de Cloruros | Analizar el contenido de iones de cloruro a partir de polvo de concreto.   | Esta prueba se basa en la reacción química al mezclar soluciones acidas.                              | Concreto.            | AASHTO T260-97<br>ASTM C114<br>NS 3671<br>ASTM C1202 |
| Corrosímetro          | Medir el grado de corrosión en acero.                                      | Se base en la diferencia de potencial eléctrico.  | Concreto armado      | ASTM C 876-91  |

### 3.2.3. Técnicas de análisis.

El trabajo de análisis es constante en la elaboración de estudios patológicos, en la evolución de la patología se han adaptado técnicas utilizadas en la manufactura y administración de proyecto, ejemplos de técnicas de análisis son: i) análisis de causa efecto, ii) análisis de árbol de fallas, iii) análisis de gravedad de lesiones, iv) análisis de hipótesis.

### 3.2.4. Datos de consulta.

Es el conjunto de conocimientos auxiliares para determinar patrones patológicos y diagnósticos de lesiones halladas en los edificios, está representado en: i) datos históricos, ii) normatividad, iii) manuales, iv) libros, v) revistas, y vi) reportes de conferencias.

## 3.3. Órbita de elementos secundarios.

Son recursos complementarios para desarrollar estudios patológicos que contribuyen a la homologación de criterios entre los especialistas y hace más eficiente su trabajo.

La órbita de elementos secundarios está compuesta por: i) glosario, ii) lecciones aprendidas, iii) normatividad.

### 3.3.1. Glosario.

Es el conjunto de conceptos utilizados en la industria de la construcción para referirse a materiales, sistemas y procesos constructivos, en la actualidad un mismo concepto tiene diferentes nombres determinados por los diferentes idiomas en el mundo; en especial en la ciencia de la patología existen problemas de definición, ejemplo es la aplicación del concepto proceso patológico, refiriéndose a este como patología y algunas veces igualando el significado a daño. Por lo que tener un vocabulario correcto mejora la comunicación en la comunidad de la patología de la construcción y contribuye a homogeneizar la interpretación de diagnósticos de edificios.

### 3.3.2. Lecciones aprendidas.

Las lecciones aprendidas en la elaboración de estudios patológicos contribuyen a mejorar el proceso de detección de patrones y de eficiencia del desarrollo de los mismos estudios; para la industria de la construcción en general conocer porqué fallo un edificio y que se publique ayuda a corregir procesos de diseño y obra en futuros proyectos.

### 3.3.3. Normatividad.

Es la aplicación de estándares a nivel internacional y local para la elaboración de procesos, tareas y técnicas de los estudios patológicos como son: i) pruebas semidestructivas y no destructivas, ii) inspecciones visuales, iii) diseño de edificios, iv) procesos de construcción.

Ejemplos son: i) American Society for Testing and Materials (ASTM), ii) Normas Oficiales Mexicanas (NOM), iii) Norma Mexicana NMX (NMX), iv) Organización Internacional para la Normalización (ISO), v) Normas de la Unión Nacional Española creadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE), vi) American Standard Code for Information Interchange (ASCII), vii) reglamentos de construcción.

## 3.4. Órbita de concentración de información.

Es el conjunto de información concentrada en una base de datos, entendiendo como base de datos al hardware, software e información dentro de una computadora o servidor para almacenar y manejar los datos de cualquier parte del sistema en patología.

Para la selección del tipo de base de datos se debe considerar: i) capacidad de almacenamiento, ii) posibilidades de que la base de datos funcione para mantener información o también controle accesos y distribución de la información.

## 3.5. Salida del modelo del sistema de patologías de edificios.

Cada vez que se realiza un estudio patológico se obtienen diferentes beneficios directos o indirectos, en esta investigación se visualizan los siguientes: i) intervención de edificios, ii) mantenimiento de edificios, iii) recuperación de edificios, iv) difusión de conocimientos, v)

información para el diseño de materiales, y vi) mejoramiento de procesos de diseño y ejecución de obra.

### 3.5.1. Mantenimiento de edificios.

Dependiendo de los resultados del estudio patológico, el tratamiento del edificio puede ser mantenimiento o intervenciones.

Por otra parte, después de un trabajo de intervención lo recomendable es generar un programa de mantenimiento del edificio para conservar el nivel de servicio adquirido.

Chávez y Álvarez dentro de método para diagnosticar e intervenir edificios consideran: “Es necesario para la edificación, que sean programados los ciclos de mantenimiento que se deben realizar en la edificación para alargar su vida útil. Si bien estos ciclos de mantenimiento son necesarios desde que se construye cualquier obra nueva, en el caso de una obra que ya ha sido intervenida por su notable estado de deterioro, el mantenimiento entonces reviste una mayor importancia en que el caso anterior pues el deterioro aparece con mayor rapidez en este último caso.” (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008)

### 3.5.2. Intervención de edificios.

Una vez que se tiene el diagnóstico de los edificios, lo conveniente es recomendar los tratamientos adecuados para eliminar o mitigar los procesos patológicos, estas dos tareas son las últimas en un estudio patológico y son la base para generar la programación de actividades de intervención, lo cual se convierte en el proyecto de intervención, para posteriormente ejecutarlo.

Un proyecto de intervención se convierte en el trabajo habitual de ingenieros y arquitectos, que requiere de un diseño, ejecución, supervisión, control y cierre de procesos.

Realizar los trabajos de intervención a partir de los resultados de un estudio patológico establece mayor confiabilidad de eliminar y mitigar procesos patológicos a comparación de realizarlos sin un análisis exhaustivo de las causas origen y secundarias, como se ha mencionado anteriormente son comunes los casos donde solo a partir de una revisión superficial se determina el tratamiento para combatir solo los síntomas, esto hace que posteriormente los síntomas

reaparezcan porque no fue eliminada la causa, generando gastos que al largo plazo pueden ser excesivos<sup>31</sup>.

En esta investigación la recuperación de edificios se refiere a conservar e incrementar la vida útil de los edificios como fue mencionado al inicio del capítulo I.

### 3.5.3. Difusión de conocimientos.

Los especialistas en la patología de la construcción comparten su conocimiento adquirido durante años de experiencia a través de publicaciones de libros, artículos indexados, ponencias en congresos y cursos acerca de temas relacionados a la rehabilitación de edificios y patologías en construcciones, y se han encontrado dos constantes con respecto a la difusión de conocimiento en la patología de la construcción, la primera es que parten de la información resultante de estudios patológicos, la segunda es que al resolver casos de estudios de edificios lesionados los especialistas utilizan como referencia casos publicados por otros especialistas.

Por lo tanto, la importancia de difundir los conocimientos de los especialistas en patologías de edificios da beneficios a los mismos especialistas para resolver casos de estudio y mejorar

---

<sup>31</sup> Tomando en cuenta lo escrito por Chávez y Álvarez en su libro *Patología, Diagnóstico y Rehabilitación de Edificaciones*: “El gasto anual para la conservación de una vivienda oscila del 1 al 2% de su costo total que es un valor internacionalmente aceptado, aunque puede variar según la edad, tipo de construcción y estado técnico del inmueble. Basándose en estas cifras el gasto total de la conservación de una vivienda durante toda su vida útil efectiva puede representar de dos a dos veces y media su costo inicial”, el costo de mantenimiento de un edificio de valor de construcción de seiscientos cincuenta mil pesos (Zuñiga, 2013), en toda su vida sería de un millón trescientos a un millón seiscientos veinticinco mil pesos, desde esta perspectiva es escandaloso que una bien inmueble tenga un valor de seiscientos cincuenta mil pesos y se invierta en el de un millón novecientos cincuenta mil pesos a dos millones doscientos setenta y cinco mil pesos, por lo que disminuir el costo de mantenimiento hará mucho más atractiva financieramente la posesión de un inmueble.

Así que el ser asertivos en los tratamientos para mantener y conservar inmuebles debe disminuir el 1 al 2% que se invierte actualmente; en esta investigación se propone la elaboración de estudios patológicos como el medio de ser asertivos en proyectos de intervención además de aprender de fallas que se comentan en las etapas de diseño y obra de las construcciones.

recursos (instrumentos y técnicas de análisis); mientras que a diseñadores y constructores les genera información para hacer más eficiente su trabajo.

Así que, considerando que el estudio patológico es el eje del sistema de la patología en edificios es relevante realizar un método para la elaboración de estudios patológicos práctico y universal que unifique los diferentes criterios de los especialistas y genere el aprendizaje que se obtienen de las fallas cometidas durante la vida de los edificios, y sea difundido en las plataformas antes mencionadas.

#### 3.5.4. Información para el diseño de materiales.

Cuando se diseñan o mejoran nuevos materiales estos son probados en laboratorios donde se simulan condiciones ambientales naturales y antropogénicas, sin embargo, la mejor prueba de calidad de materiales es en situación real y esto se da cuando los edificios se construyen y se habitan; así que los reportes arrojados por los estudios patológicos se convierte en fuente de información para determinar las propiedades de mejora o de adquisición de nuevos materiales.

#### 3.5.5. Mejoramiento de los procesos de diseño y ejecución de obra.

Todo estudio patológico encuentra las causas origen de las lesiones en edificios, y las estadísticas indican que al menos el 60%<sup>32</sup> se deben a errores y omisiones durante la toma de decisión y ejecución de actividades en el diseño y construcción de los edificios.

---

<sup>32</sup>Chávez y Álvarez en su libro *Patología, diagnóstico y Rehabilitación de Edificios* presentan diferentes resultados de estudios de causantes de lesiones, estos son: i) la encuesta realizada por el Institut für Baustoff – Forschung indica 37.5% de defectos por proyecto y 23% por defectos de ejecución, sumando el 60%; ii) el estudio de fachadas realizado por la Escuela Superior de Arquitectura de Valladolid señala que el 40% son defectos de proyecto y el 28% son defectos de ejecución, sumando 68%; y iii) el estudio a cargo del Dr. Juan Monjo Carrió señala que el 50% de los defectos pertenecen a la etapa de diseño y el 13% a la ejecución de obra, sumando 63%.

Bernal en su artículo *Patología en la construcción: errores en la enseñanza* muestra la tabla donde: i) el 4% se originaron en el planeamiento, bosquejo y croquis, ii) el 40% es por causa de proyecto, y iii) el 28% es causa hallada en la ejecución de obra, sumando 72% (Bernal, 2012)

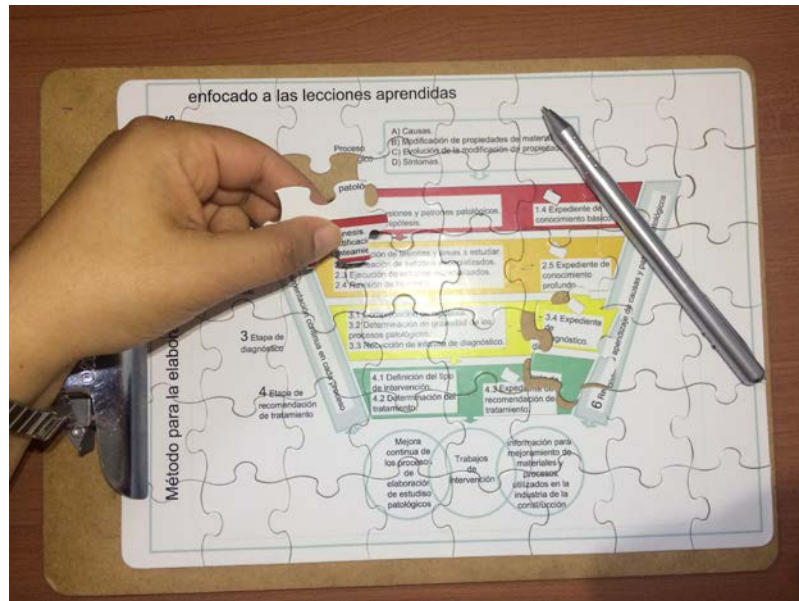
Los cuatro resultados expuestos por los tres autores son claro ejemplo de la utilidad que tiene la patología en la construcción para detectar fallas, por lo que generar un método para la elaboración de estudios patológicos en

Así que generar un método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas, es una herramienta que contribuye al rescate de pérdidas económicas para profesionales en la construcción, usuarios y dueños de inmuebles, ya que si el estudio patológico muestra las fallas cometidas durante el diseño y ejecución de obra, es viable que sean evitadas en próximos proyectos.

---

edificios enfocados a generar lecciones de aprendizaje a diseñadores y constructores debe ser una herramienta para disminuir los porcentajes de causas de lesiones por toma de decisiones en proyecto y obra.

## Capítulo IV.



## 4. Método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas.



En esta investigación se ha planteado el objetivo de crear un método para elaborar estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas, que tenga el carácter de universalidad, que sea funcional para cualquier tipo de edificio, edad y proceso patológico. Su diseño debe estar basado con:

- i) El método científico.
- ii) Las observaciones y puntos de mejora detectados en los métodos para la elaboración de estudios patológicos desarrollados por diferentes especialistas en la patología de la construcción.
- iii) La integración de herramientas de análisis utilizadas en la administración de proyectos.

#### **4.1. Planteamiento general del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.**

Considerando las publicaciones de diferentes especialistas en patología y pasos del método científico vistos en los capítulos I y II; el planteamiento del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas comprende cuatro etapas, que son:

- i) Conocimiento básico.
- ii) Conocimiento profundo.
- iii) Diagnóstico.
- iv) Recomendaciones de tratamiento.

El método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas está representado gráficamente en la figura 4.1. En el diagrama, el proceso patológico está simbolizado como el elemento detonante para la elaboración de estudios patológicos e indica que las primeras acciones son las integradas en la etapa de conocimiento básico; de manera consecutiva se llevan a cabo los procesos de las etapas de conocimiento profundo, del diagnóstico y por último de la recomendación de tratamiento.

Cada proceso de las cuatro etapas es evaluado durante su ejecución y mejorado en el siguiente ejercicio de caso de estudio, generando la mejora continua del método para la elaboración de estudios patológicos; de manera simultánea en cada proceso se obtiene

información que se enfoca a formar lecciones aprendidas relacionadas a las causas y patrones patológicos de las lesiones encontradas en los casos de estudio.

En el diagrama los procesos de *la evaluación y retroalimentación continúa en cada proceso y el registro de aprendizaje de causas y patrones patológicos*, se encuentran en los laterales del cono formado por la secuencia de las cuatro etapas para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas; mostrando así que son dos procesos que se llevan a cabo durante toda la ejecución de los estudios patológicos requiriendo información de los dieciséis procesos que componen las cuatro etapas del método.

Los resultados de los dieciséis procesos confluyen a:

- i) Un informe de diagnóstico de lesiones.
- ii) Puntos de mejora para el mismo método para la elaboración de estudios patológicos.
- iii) Puntos de mejora en los procesos de diseño y ejecución de obra de edificios.
- iv) Información de calidad de materiales y sistemas constructivos como evaluación para fabricantes e investigadores.

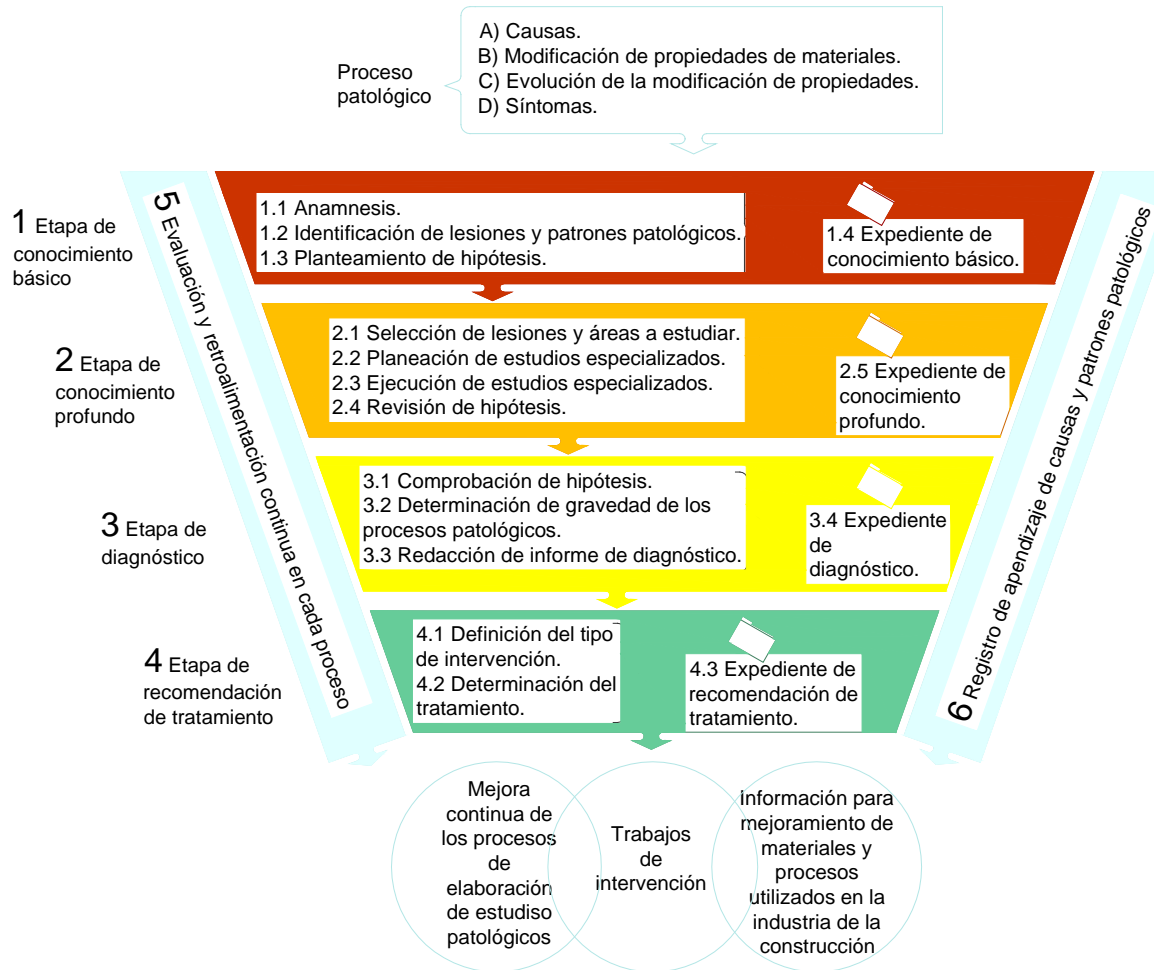


Figura 4.1 Método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

#### 4.1.1. Definición de *proceso* para la elaboración de estudios patológicos.

El método para la elaboración de estudios patológicos está formado por un total de dieciocho procesos; en esta investigación *un proceso es el conjunto de pasos ordenados en secuencia consecutiva y/o en paralelo, el resultado de la ejecución de los pasos se convierte en información relevante para entender los procesos patológicos hallados en el caso de estudio, así como la solución para reestablecer el nivel de servicio del edificio.*

Un proceso está formado por cinco elementos que son:

- i) **Objetivo**, es el enunciado descriptivo del proceso y como se debe realizar. Determina el alcance del proyecto y ayuda a la evaluación de la calidad de datos de entrada y salida de cada proceso.
- ii) **Información de entrada**, es la alimentación y detonante del proceso; está compuesta por: i) documentos previos al estudio patológico (como son planos, bitácoras de mantenimiento, publicaciones sobre el edificio caso de estudio, fotografías, entre otros), y ii) documentos de salida de producto de procesos anteriores.
- iii) **Tareas**, son las actividades básicas para cumplir el objetivo del proceso, estas pueden ser simultáneas o restrictivas para el inicio de una siguiente; se realizan por un responsable del estudio patológico y especialistas, quienes deben apoyarse en herramientas y técnicas de trabajo.
- iv) **Técnicas**, son las herramientas convenientes para desarrollar las tareas, ejemplos son: i) observación, ii) registro de datos, iii) análisis, iv) instrumentos de medición, entre otros.
- v) **Información de salida**, es el resultado de las tareas planteado en documentos; contiene datos útiles para: i) el informe de diagnóstico del edificio, ii) la recomendación de tratamiento, iii) lecciones aprendidas de causas y patrones patológicos, iv) puntos de mejora en el método para la elaboración de estudios patológicos, y v) la entrada de datos para procesos posteriores.

En la figura 4.2 se presenta la relación que existe entre los cinco elementos que compone un proceso. El esquema es aplicable a los dieciocho procesos del método.



Figura 4.2 Esquema general de los procesos para la elaboración de estudios patológicos.

#### 4.2. Etapa de conocimiento básico.

*El conocimiento básico* es la etapa con la que se inicia el estudio patológico; tiene cuatro funciones principales que son: i) reconocer las lesiones de sistemas constructivos y materiales en el edificio caso de estudio, ii) detectar las condiciones ambientales, iii) analizar las propiedades de los materiales con pruebas no destructivas, y iv) establecer las primeras hipótesis.

Los tres primeros puntos crean el historial clínico del edificio equivalente al utilizado por los médicos para diagnosticar a sus pacientes.

La etapa de conocimiento básico se ha diseñado con cuatro procesos, que son:

- i) Anamnesis.
- ii) Identificación de lesiones y patrones patológicos.
- iii) Planteamiento de hipótesis.
- iv) Expediente de conocimiento básico.

Al concluir esta etapa se debe decidir si la información es suficiente para realizar el diagnóstico, o llevar a cabo una investigación de la historia del edificio, y/o de la calidad de los materiales y sistemas constructivos con mayor profundidad.

#### 4.2.1. Anamnesis.

La anamnesis en medicina significa "...recogida de información de los datos clínicos relevantes y del historial de un paciente." (Salud. Enciclopedia de Salud, Dietética y Psicología, 2016); "...se ejecuta mediante interrogatorio para identificar personalmente al individuo, conocer sus dolencias actuales, obtener una retrospectiva de él y determinar los elementos familiares, ambientales y personales relevantes." (Rodríguez García & Rodríguez, 1999)

Fiol como especialista en patología de edificios enfatiza la importancia del historial constructivo e historial patológico equivalente a la anamnesis en medicina.

En esta investigación el proceso de anamnesis tiene como objetivo *recuperar, documentar y establecer gráficamente los sistemas constructivos y materiales planteados en el diseño de la edificación, los aplicados en obra, remodelaciones, rehabilitaciones y mantenimientos, que contribuyan en la identificación de causas de daños y de elementos constructivos de valor artístico e histórico.* La información es capturada en plantillas de procesador de texto. Se fundamenta en tres tipos de investigaciones, que son: i) la constructiva, ii) la histórica, y iii) la clínica.

*La investigación constructiva*, es la recopilación y descripción de los sistemas constructivos y tipo de materiales utilizados en el edificio caso de estudio con relación al uso y capacidad del inmueble, la información se obtiene de los planos de diseño y construcción, así como de documentación bibliográfica de la época en la que fue construido y diseñado el edificio caso de estudio. La información es capturada en una plantilla de procesador de texto.

*La investigación histórica*, es la recopilación e identificación de los datos de acontecimientos relevantes sucedidos en el edificio que impactan en la historia del lugar donde se ubica el edificio, y de los elementos constructivos considerados artísticos que representan un estilo o corriente arquitectónico. La información es recopilada de bibliografía y testimonios de usuarios del edificio caso de estudio, y es capturada en una plantilla de procesador de texto.

*La investigación clínica*, es la recopilación de datos de los trabajos de adaptación, reparación, rehabilitación, restauración y mantenimiento del edificio. La información se obtiene de bitácoras de mantenimiento, de planos y croquis de trabajos de obra y de testimonios de usuarios y administradores del edificio, y es capturada en una plantilla de procesador de texto.

Para realizar las tres investigaciones es necesario realizar más de una visita de inspección al edificio caso de estudio; en estas visitas se debe observar y registrar los sistemas constructivos y materiales que componen el edificio, así como detectar visualmente las posibles intervenciones. El resultado de las visitas queda asentado en reportes fotográficos y en los formatos de investigaciones constructiva, histórica y clínica resueltos.

Es recomendable tener los planos arquitectónicos y estructurales del inmueble previo a las visitas de inspección, sin embargo, las visitas de inspección y recopilación de documentos como: i) planos, ii) bitácoras de obra y mantenimiento, y iii) escritos acerca de los datos históricos, son tareas simultáneas.

Para complementar la documentación en el proceso de anamnesis es útil realizar entrevistas a: i) usuarios actuales y anteriores, ii) vecinos del lugar, iii) propietarios, encargados de mantenimiento y iv) autoridades.

En el caso de inmuebles con clasificación de patrimonio cultural e histórico se debe realizar visitas a bibliotecas para consultar libros a cerca de la historia del edificio.

Los resultados del proceso de anamnesis se reflejan en: i) el expediente de planos y bitácoras de mantenimiento y obra, ii) planos actualizados, y ii) en los formatos de las tres investigaciones y de información general completamente resueltos.

En la tabla 4.1. se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.1  
*Proceso de anamnesis*

| Información de entrada   | Tareas   | Técnicas                | Información de salida  |
|--|--|-------------------------|--|
| Permiso de acceso al sitio y solicitud de información.                     | Visita de inspección al edificio de estudios para                          | Observación.            | Planos de diseño.  |
| Formato de datos generales.  | detectar sistemas constructivos y  | Entrevistas.            | Planos de modificaciones.  |
| Formato de investigación histórica   | elementos de valor artístico.  | Revisión de documentos. | Planos de estado actual.   |
| Formato de investigación constructiva.                                     | Visita a bibliotecas.  | Fotografía.             | Bitácora de mantenimiento.   |
| Formato de investigación clínica.  | Visita a oficinas de archivos de planos.                                   | Dibujo en computadora.  | Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica. |
| Reglamentos de construcción de la época en que fue construido el edificio. | Actualización de planos.   |                         |  |
|  | Recopilación de datos de mantenimiento, remodelaciones y rehabilitaciones. |                         |  |

#### 4.2.2. Identificación de lesiones y patrones patológicos.

En la identificación de lesiones y patrones patológicos se debe observar y registrar la ubicación y características de las lesiones en materiales y sistemas constructivos, utilizando planos de plantas y alzados del estado actual del edificio y fotografías, para después reconocer patrones de procesos patológicos por medio de la consulta de publicaciones de procesos patológicos y de sistemas constructivos.

Al igual que en el proceso de anamnesis una de las tres tareas básicas es la visita de inspección; el responsable del estudio patológico debe recorrer cada uno de los espacios observando y registrando la presencia de síntomas. Dependiendo de la complejidad del caso de estudio es posible que las visitas se repitan varias veces; especialistas en patología de edificios recomienda que la inspección se inicie por la azotea



(cubierta) descendiendo hasta el nivel más bajo del inmueble, finalizando con la observación de fachadas.

La segunda tarea obligada en el proceso de identificación de lesiones y patrones patológicos consta de la elaboración de: i) fichas de levantamiento de daños, y ii) mapeos de lesiones; ambas informaciones son complementarias entre sí y es trabajo de gabinete resultante de las visitas de inspección (trabajo de campo).

La completitud y asertividad en el registro de síntomas depende de: i) las habilidades de observación de quien recorra y registre los síntomas, y ii) el grado de conocimiento de los procesos patológicos en edificios.

Para describir las características de síntomas es necesario tomar mediciones con instrumentos de pruebas no destructivas, por lo general en una primera visita se identifican los síntomas y se valora el tipo de instrumento a utilizar en una segunda visita; en la segunda visita se realizan pruebas de la calidad de materiales.

En el diseño del proceso identificación de lesiones y patrones patológicos para el método de la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas se estableció simbología de síntomas y se creó el formato de fichas de levantamiento de daños.

La tercera tarea indispensable en el proceso identificación de lesiones y patrones patológicos es la revisión de: i) procesos patológicos reportados en manuales y atlas de procesos patológicos y sistemas constructivos, y ii) de reglamentos de construcción de la época en que fue construido el edificio caso de estudio; para comparar los síntomas identificados en el levantamiento de síntomas y detectar posibles patrones patológicos.

Los resultados del proceso de identificación de lesiones y patrones patológicos se observan en: i) las fichas de levantamiento de síntomas y mapeo de lesiones, ii) el listado de posibles patrones patológicos, y iii) los informes de mediciones y pruebas no destructivas realizadas.

En la tabla 4.2. se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.2  
*Identificación de lesiones y patrones patológicos*

| Información de entrada   | Tareas  | Técnicas  | Información de salida                       |
|--|---|---|---|
| Permiso de acceso al sitio y solicitud de información.   | Visita de inspección para detectar síntomas.        | Observación.<br>Entrevistas.<br>Revisión de documentos. | Fichas de levantamiento de lesiones.        |
| Formato de levantamiento de lesiones.  | Visita a bibliotecas.                               | documentos.   | Mapeo de daños.                             |
| Simbología de síntomas.  | Elaboración de pruebas no destructivas básicas.     | Fotografía.   | Identificación de patrones patológicos.     |
| Manuales de procesos patológicos.  | Elaboración de fichas de levantamiento de lesiones. | Dibujo en computadora.                                  | Informe de pruebas no destructivas básicas. |
| Manuales de materiales y sistemas constructivos.   | Elaboración de mapeo de lesiones.                   | Pruebas no destructivas básicas y mediciones básicas.   | Informe de mediciones básicas.              |
| Reglamentos de construcción de la época en que fue construido el edificio.                             | Identificación de patrones patológicos.             |   |   |
| Planos de diseño.  |   |   |   |
| Planos de modificaciones.  |   |   |   |
| Planos de estado actual.   |   |   |   |
| Bitácora de mantenimiento.   |   |   |   |
| Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica. |   |   |   |

#### 4.2.3. Planteamiento de hipótesis.

El método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas sigue el esquema del método científico, por lo tanto, después de entender los posibles patrones patológicos en el proceso anterior (identificación de lesiones y patrones patológicos), se debe escribir en forma de enunciados el planteamiento de las causas y procesos patológicos, a partir de: i) análisis de causas, ii) de análisis de resultados de

pruebas no destructivas y mediciones básicas, iii) de la identificación de patrones patológicos, y iv) mapeo de daños y fichas de levantamiento de síntomas.

El planteamiento de hipótesis es trabajo de gabinete de completo análisis de información, en el trazo de este proceso se creó el formato “tabla de hipótesis”, dicho formato es una guía para desarrollar el planteamiento de hipótesis para cada patrón patológico encontrado en la anamnesis.

Para resolver el formato *tabla de hipótesis* es necesario tener disponible toda la información de salida de la anamnesis y del proceso identificación de lesiones y patrones patológicos, además de aplicar el análisis de causas de Ishikawa o de fallas de árbol explicados en el capítulo I.

Durante el planteamiento de hipótesis se evalúa la calidad y completitud de la información de los dos procesos anteriores; en ocasiones es necesario: i) hacer visitas adicionales al edificio para confirmar datos o elaborar nuevas pruebas básicas de la calidad de los materiales, y ii) complementar documentos y entrevistas con usuarios.

Los resultados del proceso del planteamiento de hipótesis son dos: i) la tabla de hipótesis resuelta, y ii) la determinación de elaboración del diagnóstico o desarrollar la etapa de conocimiento profundo.

En la tabla 4.3 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.3  
*Planteamiento de hipótesis*

| Información de entrada  | Tareas  | Técnicas  | Información de salida   |
|---|---|---|---|
| Fichas de levantamiento de daños.<br>Mapeo de daños.<br>Manuales y atlas de procesos patológicos.<br>Manuales y atlas de procesos constructivos.<br>Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica.<br>Informe de pruebas no destructivas básicas.<br>Informe de mediciones básicas.<br>Formato de tabla de hipótesis. | Análisis de información.<br>Análisis de causas.<br>Elaboración de tabla de hipótesis. | Análisis de causas de Ishikawa.<br>Análisis de fallas de árbol. | Tabla de hipótesis.<br>Registro de análisis de causas.<br>Determinación de elaboración del diagnóstico o desarrollar la etapa de conocimiento profundo. |

#### 4.2.4. Expediente de conocimiento básico.

Es el almacenamiento electrónico y físico de los documentos recolectados e información generada durante la etapa de conocimiento básico.

El expediente de conocimiento básico en medio electrónico es la información de entrada para producir bases de datos, en esta investigación es una carpeta electrónica guardada en el disco duro de la computadora.

### 4.3. Etapa de conocimiento profundo.

*El conocimiento profundo*, es la segunda etapa dedicada a la investigación de las propiedades de los materiales con mayor especialización; requiere de la aportación de grupos multidisciplinarios de especialistas en: i) geotecnia, ii) estructuras, iii) topografía, iv) laboratorio de materiales, v) patología de concreto, y vi) corrosión, entre otros.

Su aplicación depende de la calidad de información del conocimiento básico determinado por: i) la completitud de los datos, ii) la claridad y certeza de la información hallada en el conocimiento básico, y iii) la complejidad de los procesos patológicos hallados.

Los procesos planteados en la etapa del conocimiento profundo son cinco:

- i) Selección de lesiones y áreas a estudiar
- ii) Planeación de estudios especializados.
- iii) Ejecución de estudios especializados.
- iv) Revisión de hipótesis.
- v) Expediente de conocimiento profundo.

#### 4.3.1. Selección de lesiones y áreas a estudiar.

El objetivo de la selección de lesiones y áreas a estudio es determinar las lesiones con mayor grado de incertidumbre en el caso de estudio; para ello a partir de la tabla de hipótesis y la evaluación de la calidad de la información se establece el equipo multidisciplinario de especialistas y las lesiones a estudiar con mayor profundidad y especialización.

Este proceso requiere de trabajo de campo y gabinete; con la ayuda de las fichas de levantamiento de síntomas, planos del edificio y mapeo de daños se establece el tipo de estudios y ubicación de mediciones y pruebas de calidad de materiales. Una vez que en los documentos del mapeo de daños se establece las áreas a estudiar es conveniente visitar el edificio caso de estudio para verificar información y visualizar las condiciones de trabajos.

El resultado final del proceso *selección de lesiones y áreas a estudiar*, son los planos de mapeo de daños con el señalamiento de ubicación de estudios y pruebas especializadas.

En la tabla 4.4 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.4  
*Selección de lesiones y áreas a estudiar*

| Información de entrada  | Tareas  | Técnicas                 | Información de salida   |
|---|---|--------------------------|---|
| Fichas de levantamiento de lesiones.<br>Mapeo de lesiones.<br>Manuales y atlas de procesos patológicos.<br>Manuales y atlas de procesos constructivos.<br>Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica.<br>Informe de interpretación de resultados.<br>Tabla de hipótesis. | Identificación de lesiones que requieren mayor conocimiento.<br>Establecimiento de estudios y pruebas de mayor especialización. | Análisis de información. | Ubicación de estudios y pruebas de conocimiento profundo en el mapeo de lesiones. |

#### 4.3.2. Planeación de estudios especializados.

El proceso de la planeación de estudios especializados tiene como fin considerar los trabajos de conocimiento profundo como un proyecto, que antes de ejecutarse se debe visualizar, tomando en cuenta: i) el alcance del proyecto, ii) el cronograma de actividades, iii) el presupuesto, iv) requerimientos de los involucrados en los estudios y pruebas, incluyendo los requisitos de calidad y normatividad de pruebas en materiales, y v) un plan de comunicación.

De manera general todo estudio y prueba especializados deben contemplar la validez de las hipótesis planteadas en el proceso planteamiento de hipótesis.

El trabajo del proceso de la planeación de estudios especializados es completamente de gabinete; el responsable del estudio patológico requiere de ser hábil en la coordinación de trabajos que realizaran otros especialistas, así que se convierte en el líder del proyecto.

Para facilitar el trabajo de planeación de estudios especializados se generaron dos formatos: i) planeación general de estudios especializados, mostrado en el capítulo II como parte de la aportación de esta investigación a la elaboración de estudios patológicos; y ii) planeación específica de estudio especializado; por cada tipo de estudio debe realizarse la planeación particular de cada estudio especializado y debe estar acorde a lo indicado en la planeación general de estudios especializados.

Como también se mencionó en el capítulo II es indispensable que todos los involucrados conozcan anticipadamente la planeación de todos los estudios a realizar el primer estudio

En la tabla 4.5 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.5  
*Planeación de estudios especializados*

| Información de entrada  | Tareas   | Técnicas  | Información de salida  |
|---|--|---|--|
| Fichas de levantamiento de daños.<br>Mapeo de daños.<br>Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica.<br>Informe de interpretación de resultados.<br>Tabla de hipótesis.<br>Formato de planeación de | Determinación de los objetivos de los estudios especializados.<br>Determinación de relación entre los diferentes estudios a realizar.<br>Desarrollo de programa de actividades de los estudios especializados.<br>Elaboración de plan de comunicación. | Matriz de relaciones de estudios especializados.<br>Cronograma de actividades.<br>Análisis de ruta crítica.<br>Análisis de recursos críticos.<br>Reunión kickoff. | Plan de estudios especializados.<br>Mapeo de daños con ubicación de pruebas especializadas a realizar.<br>Planos y documentos de referencia. |

---

estudios  
especializados.  
Formato de ficha de  
planeación de cada  
estudio  
especializado.

#### 4.3.3. Ejecución de estudios especializados.

Como en todo proyecto de manera consecutiva se debe llevar a cabo la materialización de la planeación de estudios especializados.

El proceso de ejecución de estudios especializados se basa en trabajo de campo y gabinete, donde se realizan pruebas en sitio, se toman muestras y se requiere de análisis en laboratorios; el resultado final de las pruebas y estudios es la interpretación de resultados expuesta en informes entregados por especialistas.

La coordinación de las actividades de los diferentes especialistas debe estar a cargo del profesional encargado del estudio patológico. Existen puntos que deben valorarse para evitar atrasos y confusiones en los estudios patológicos, como son: i) trámite de acceso al sitio, ii) intercambio de información entre los especialistas en tiempo y en el formato adecuado, iii) manejo eficiente de cambios en el alcance de los estudios.

Antes de cerrar el proceso de ejecución de estudios especializados el encargado del estudio patológico debe hacer el cruce de resultados y conclusiones de todos los estudios, para verificar y en su caso corregir cada paso de los estudios y pruebas especializados.

En la tabla 4.6. se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.6  
*Ejecución de estudios especializados*

| Información de entrada                    | Tareas   | Técnicas  | Información de salida                 |
|---|--|---|---------------------------------------|
| Planeación de estudios especializados.    | Desarrollo de estudios y pruebas especializados. | Visitas de inspección.  | Informes de estudios especializados.  |
| Planeación de cada estudio especializado. | Reuniones periódicas y entrega de avances.       | Pruebas no destructivas y semi destructivas.<br>Reuniones en línea. | Resultados de pruebas especializadas. |



---

|                                    |                         |   |
|------------------------------------|-------------------------|---|
| Planos y documentos de referencia. | Elaboración de informes | Almacenamiento de información en la nube. |
|------------------------------------|-------------------------|---|

#### 4.3.4. Revisión de hipótesis.

El proceso de revisión de hipótesis, se refiere a la valoración de la información resultante de los estudios y pruebas especializados comparada con lo existente en el conocimiento profundo para verificar la completitud y calidad de información, para: conservar la hipótesis, ii) descartarla y crear una nueva hipótesis, o iii) modificar las hipótesis.

Las actividades del proceso revisión de hipótesis son completamente de gabinete y analíticas, el resultado en su conjunto es la tabla de hipótesis actualizada. (Ver anexo A)

En la tabla 4.7 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.7  
*Revisión de hipótesis*

| Información de entrada   | Tareas   | Técnicas  | Información de salida           |
|--|--|---|---------------------------------|
| Informes de estudios especializados.<br>Resultados de pruebas especializadas.<br>Tabla de hipótesis. | Análisis de información.<br>Análisis de causas.<br>Revisión de tabla de hipótesis. | Análisis de causas de Ishikawa.<br>Árbol de fallas. | Tabla de hipótesis actualizada. |

#### 4.3.5. Expediente de conocimiento profundo.

Es el almacenamiento electrónico y físico de los documentos recolectados e información generada durante la etapa de conocimiento profundo.

El expediente de conocimiento profundo en medio electrónico es la información de entrada para producir bases de datos, en esta investigación es una carpeta electrónica guardada en el disco duro de la computadora.

#### 4.4. Etapa de diagnóstico.

El diagnóstico es la tercera etapa del método para la elaboración de estudios patológicos; diseñada para: i) comprobar hipótesis, ii) explicar las causas y procesos patológicos de los casos de estudio, y iii) valoración de los procesos patológicos para tomar acciones de intervención y seguridad.

En esta etapa se produce el *informe de diagnóstico*, que es el producto tangible del estudio patológico.

La etapa de diagnóstico se ha delineado con cuatro procesos, que son:

- i) Comprobación de hipótesis.
- ii) Determinación de gravedad de lesiones.
- iii) Redacción de informe de diagnóstico.
- iv) Expediente de diagnóstico.

##### 4.4.1. Comprobación de hipótesis.

El proceso de comprobación de hipótesis consiste en determinar el rechazo o aceptación de las hipótesis planteadas en las etapas de conocimiento básico y profundo, para tal motivo se realizan:

- i) Nuevas pruebas con prototipos de materiales simulando las condiciones de deterioro indicadas en el enunciado de cada hipótesis; esta manera de comprobación es la más apegada al método científico pero la más costosa económicamente y de mayor duración en su proceso.
- ii) Utilizar modelado por computadora simulando las condiciones actuales de los materiales y de las causantes señaladas en la hipótesis; este tipo de comprobación está limitado a la paquetería de programación (software) disponible, siendo la más común la dirigida al análisis estructural.
- iii) El estudio y comparación de casos similares publicados en artículos indexados y manuales de patología en la construcción; esta forma de comprobar la hipótesis es la de menor costo y mayor acceso.

La decisión del tipo de comprobación estará en función de: i) la complejidad de la hipótesis, ii) disponibilidad de recursos económicos y de tiempo, y iii) disponibilidad y acceso a equipos, programas computacionales y manuales de patología de la construcción.

La afirmación de la hipótesis da paso al proceso de determinación de gravedad de procesos patológicos, sin embargo, el rechazo de hipótesis genera el planteamiento de una nueva hipótesis que en teoría requiera de regresar a procesos del conocimiento básico y profundo.

El trabajo en el proceso de comprobación de hipótesis es totalmente analítico combinando gabinete y campo, considerando como campo los laboratorios de calidad de material; aunque puede ser solamente de gabinete, cuando se utilizan documentos de casos similares para la comprobación de hipótesis. La experiencia del responsable de estudio patológico, la asesoría de especialistas y la aplicación de lecciones aprendidas adquiridas de estudios patológicos anteriores, son factores de confiabilidad del rechazo o aprobación de hipótesis.

En la tabla 4.8 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.8  
*Comprobación de hipótesis*

| Información de entrada  | Tareas   | Técnicas                 | Información de salida      |
|---|--|--------------------------|----------------------------|
| Formato de comprobación de hipótesis.<br>Tabla de hipótesis.<br>Manuales de procesos patológicos.<br>Artículos científicos sobre procesos patológicos.<br>Manuales de sistemas constructivos. | Investigación de casos similares.<br>Elaboración de modelos.<br>Elaboración de prototipos y pruebas. | Análisis de información. | Comprobación de hipótesis. |

#### 4.4.2. Determinación de gravedad de lesiones.

La determinación de gravedad de lesiones es el proceso dedicado a priorizar la atención de los procesos patológicos con base a la relación entre: i) seguridad del edificio, ii) funcionamiento, iii) probabilidad de riesgos, e iv) impacto en caso de que sucedan los riesgos.

En el proceso determinación de gravedad de lesiones se han adaptado criterios de herramientas de análisis de riesgos de la administración de proyecto descritos en el capítulo I, además de ser una de las aportaciones al método para la elaboración de estudios patológicos.

Un estudio patológico es solicitado por usuarios y dueños del inmueble para: i) restablecer y/o mejorar el nivel de servicio del edificio, ii) prolongar la vida útil del inmueble, iii) negociar compra-venta de inmuebles; entre otros, teniendo como factor común el aspecto económico para la inversión de los trabajos necesarios de intervención, por lo que indicar una lista de prioridades de intervención con respecto a la evaluación de la gravedad de los procesos patológicos se convierte en elemento útil para la toma de decisiones de dueños y usuarios acerca de: i) donde, y ii) con que proceso patológico se debe iniciar.

En el planteamiento del proceso determinación de gravedad de lesiones se estableció formatos, criterios y matrices similares a las utilizadas en la administración de riesgos para evaluar los procesos patológicos hallados en el caso de estudio, convirtiendo datos cualitativos a cuantitativos generando calificaciones objetivas. La base de cómo realizar este proceso está descrito en el capítulo I.

En la tabla 4.9 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.9  
*Determinación de gravedad de lesiones*

| Información de entrada  | Tareas   | Técnicas  | Información de salida                                    |
|---|--|---|--|
| Comprobación de hipótesis.<br>Formato de calificación de la gravedad de los | Identificación de riesgos por cada proceso patológico determinado. | Análisis cualitativo de riesgos con la matriz de relación de seguridad del espacio y funcionamiento del | Calificación de la gravedad de los procesos patológicos. |

|  |  |   |
|--|--|---|
| procesos patológicos.<br>Formato de relación de seguridad del espacio y funcionamiento del elemento constructivo o material.<br>Formato de relación de importancia del impacto y probabilidad de que suceda el deterioro.<br>Matriz de combinación de relación seguridad del espacio y funcionamiento del elemento constructivo o material y relación importancia del impacto y probabilidad de que suceda el deterioro. | Análisis de causas e impactos de los riesgos.<br>Evaluación de gravedad de los daños.<br>Desarrollo de plan de acción por cada riesgo. | elemento constructivo o material.<br>Análisis cualitativo de riesgos con la matriz de relación impacto y probabilidad de que suceda el deterioro.<br>Combinación de matrices de relaciones. |
|--|--|---|

#### 4.4.3. Redacción de informe de diagnóstico

El proceso de redacción de informe de diagnóstico tiene como objetivo escribir la descripción de los procesos patológicos hallados en el edificio junto con la recomendación de tratamientos en un documento.

Las actividades que se realizan durante el proceso de redacción de informe de diagnóstico son totalmente de gabinete y enfocadas a recopilar información de etapas anteriores del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

El documento está planteado similar a lo indicado en la norma UNE 41805-14 IN, parte 14: Informe del diagnóstico; en cinco partes que son:

- I) Antecedentes del edificio, es la descripción general del edificio en cuanto a: i) sus dimensiones, ii) ubicación, iii) usos en las diferentes épocas de su vida útil, iv) todo aquello relacionado a su clasificación patrimonial cultural e histórico, v) datos de contacto de propietario y usuarios. La información se obtiene del proceso de anamnesis.
- II) Explicación de procesos patológicos, es la narración de los procesos patológicos hallados en el caso de estudio, para ello se requiere la información de: i) el levantamiento de daños, ii) mapeo de daños, iii) tabla de hipótesis, iv) informes de pruebas de calidad de materiales; entre otros documentos. La explicación debe seguir la siguiente estructura: i) causas, ii) proceso de evolución de lesiones, y iii) aparición de síntomas. El orden de la aparición de la explicación de los procesos patológicos se sugiere sea conforme a la prioridad de intervención resultante del proceso de determinación de la gravedad de las lesiones.
- III) Recomendaciones de tratamientos, es la descripción de las sugerencias de tratamientos con base al análisis realizado en la siguiente etapa de recomendación de tratamiento. Por lo que el informe de diagnóstico estará incompleto hasta que se termine la cuarta etapa del método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas.
- IV) Referencias, son los datos de publicaciones y asesorías consultados durante todos los procesos del método para la elaboración de estudios patológicos.
- V) Anexos, son documentos complementarios útiles en el entendimiento de la explicación de proceso patológico y de recomendación de tratamientos, se sugiere que en este apartado se conserve el historial clínico del edificio, útil para posteriores estudios patológicos.

Dentro de las características del informe de diagnóstico se sugiere: i) utilizar un lenguaje sencillo y claro para que sea entendido correctamente para personas que no están habituadas al lenguaje de la industria de la construcción, sin que se pierda el vocabulario técnico correcto; ii) mostrar gráficas claras y sencillas para interpretar el tipo de síntomas y resultados de pruebas de calidad de materiales, teniendo preferencia por el apoyo de fotografías.

En la tabla 4.10 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocada a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.10.  
*Redacción de informe de diagnóstico*

| Información de entrada   | Tareas  | Técnicas                     | Información de salida   |
|--|---|------------------------------|-------------------------|
| Planos de diseño.<br>Planos de modificaciones.<br>Planos de estado actual.<br>Formatos resueltos de los datos generales y de las investigaciones: histórica, constructiva y clínica.<br>Fichas de levantamiento de lesiones.<br>Mapeo de lesiones.<br>Informe de interpretación de resultados de pruebas básicas y especializadas.<br>Comprobación de hipótesis.<br>Calificación de la gravedad de los procesos patológicos.<br>Guía y formato para redactar el diagnóstico. | Integración de la información en el documento de diagnóstico. | Recopilación de información. | Informe de diagnóstico. |

#### 4.4.4. Expediente del diagnóstico

Es el almacenamiento electrónico y físico de los documentos recolectados e información generada durante la etapa de diagnóstico.

El expediente de diagnóstico en medio electrónico es la información de entrada para producir bases de datos, en esta investigación es una carpeta electrónica guardada en el disco duro de la computadora.

#### **4.5. Etapa de recomendación de tratamiento.**

La recomendación de tratamiento es la cuarta y última etapa del método para elaborar estudios patológicos; se considera un objetivo secundario y representa el punto de mayor interés para el dueño del edificio; su función principal es reestablecer el nivel de servicio del inmueble caso de estudio.

Ha sido proyectada con tres procesos:

- i) Definición del tipo de intervención.
- ii) Determinación del tratamiento.
- iii) Expediente de recomendación del tratamiento.

##### **4.5.1. Definición del tipo de intervención**

La definición del tipo de intervención es el proceso que clasifica el trabajo sugerido a realizar para restablecer o mejorar el nivel de servicio del edificio caso de estudio. Conocer el tipo de intervención es útil para entender de manera general el alcance del tratamiento a elegir.

Los tipos de intervención considerados en esta investigación son:

- i) Rehabilitación, es la adaptación de los materiales, sistemas constructivos y espacios para cumplir con los requerimientos originales y/o nuevos de habitabilidad.
- ii) Restauración, es la recuperación de materiales, sistemas constructivos y espacios para cumplir con los requerimientos originales de habitabilidad.
- iii) Reparación, es la recuperación de funcionamiento y nivel de seguridad del material y elemento constructivo a tratar.
- iv) Prevención, son tratamientos enfocados a evitar procesos patológicos, por lo general son trabajos de mantenimiento.

Las actividades que se realizan en el proceso de definición del tipo de intervención son completamente de gabinete; para la toma de decisión adecuada se sugiere que se considere la asesoría de especialistas y los requerimientos de propietarios de los inmuebles.



En la tabla 4.11 se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.11.  
*Definición del tipo de intervención*

| Información de entrada  | Tareas                                  | Técnicas                 | Información de salida                |
|---|---|--------------------------|--------------------------------------|
| Informe de diagnóstico.<br>Manuales de procesos patológicos.<br>Artículos de procesos patológicos.<br>Manuales de sistemas constructivos. | Clasificación del tipo de intervención. | Análisis de información. | Definición del tipo de intervención. |

#### 4.5.2. Determinación del tratamiento

Una vez que se ha definido el tipo de intervención, de manera específica se determina el tratamiento a recomendar.

El proceso de determinación del tratamiento, se refiere a la prescripción del tratamiento, a manera de sugerencia para mitigar o eliminar las causas que iniciaron el proceso patológico y los daños hallados; para ello es necesario que el especialista se base en la información del informe del diagnóstico, informes de especialistas, manuales de procesos patológicos, manuales de sistemas constructivos, artículos de procesos patológicos y fichas técnicas de productos. La recomendación del tratamiento es la base para el desarrollo del proyecto de intervención.

Por lo general, los manuales y atlas de patologías presentan las técnicas y productos adecuados para mitigar y evitar lesiones futuras, además de reparar, reconstruir, limpiar, y consolidar materiales y elementos constructivos.

Otra fuente de referencia para sugerir el tratamiento adecuado son las fichas técnicas de productos.

El trabajo del proceso de determinación del tratamiento es por lo general de gabinete, ya que se requiere del completo análisis y toma de decisiones asertivas. Dependiendo del tipo de edificio, sobre todo aquellos clasificados como patrimonio cultural

e histórico se debe considerar trabajos de campo en laboratorio y en sitio (edificio caso de estudio) para probar nuevos materiales y técnicas de intervención antes de determinarlas como tratamiento adecuado.

En la tabla 4.12. se muestra la información de entrada, de salida, tareas y técnicas consideradas en el diseño del método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.

Tabla 4.12.  
*Determinación del tratamiento*

| Información de entrada  | Tareas                        | Técnicas                 | Información de salida                             |
|---|-------------------------------|--------------------------|---|
| Informe de diagnóstico.<br>Manuales de procesos patológicos.<br>Artículos de procesos patológicos.<br>Manuales de sistemas constructivos.<br>Informes de especialistas.<br>Definición del tipo de intervención. | Prescripción del tratamiento. | Análisis de información. | Recomendación de la prescripción del tratamiento. |

#### 4.5.3. Expediente de la recomendación del tratamiento.

Es el almacenamiento electrónico y físico de los documentos recolectados e información generada durante la etapa de recomendación de tratamiento.

El expediente de conocimiento profundo en medio electrónico es la información de entrada para producir bases de datos, en esta investigación es una carpeta electrónica guardada en el disco duro de la computadora.

## Capítulo V.



### 5. Evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

La evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas consiste en llevar a la práctica el método para: i) evaluar su funcionamiento, ii) entender la aportación de cada proceso del método, y iii) encontrar los puntos de mejora.

La práctica del método consta en el desarrollo y evaluación de estudios patológicos, en esta investigación se desarrollaron dos casos de estudio con diferentes características, para poner a prueba que el método desarrollado para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas tiene la propiedad de “ser universal”. El método debe ser aplicable para cualquier tipo de edificio, con cualquier edad y ubicación.

El primer estudio patológico fue realizado en el Liceo Metropolitano para Adultos ubicado en Santiago, Chile, es un edificio que siempre ha estado dedicado a la educación y por sus características arquitectónicas es candidato a pertenecer al patrimonio histórico. Su edad aproximada es de 68 años. Ver figura 5.1.



Figura 5.1 Ubicación y fotografía del exterior del Liceo Metropolitano para Adultos, la imagen de la ubicación se obtuvo del sitio de Google Earth



La incorporación de instrumentos y técnicas<sup>33</sup> para la obtención y manejo de información en cada uno de los procesos del método para la elaboración de estudios patológicos fue considerado señal de aportación<sup>34</sup>, el valor de la aportación depende de la innovación de los instrumentos y técnicas incorporadas.

Para calificar la aportación de los procesos del método para la elaboración de estudios patológicos se establecieron tres parámetros: i) valor de nivel alto, ii) nivel medio, y iii) nivel de aportación bajo.

Un proceso es calificado con nivel de aportación alto cuando el proceso contiene actividades y técnicas que ayudan a los profesionales con poca experiencia a la solución de procesos para la elaboración de estudios patológicos de manera asertiva, y/o con la adaptación de técnicas de la administración de proyectos.

La aportación de nivel medio corresponde a procesos que en la práctica de casos de estudio comprueban lo mencionado por especialistas en patología en artículos, conferencias y libros, para mejorar el desarrollo de estudios patológicos.

La evaluación de la aportación con nivel bajo se otorgó cuando las técnicas e instrumentos aplicados y probados por patólogos en la construcción fueron integrados al nuevo método para la elaboración de estudios patológicos y se reconfirmó la utilidad de las técnicas y herramientas.

---

<sup>33</sup>En esta investigación los instrumentos y técnicas incorporados son: i) formatos (plantillas) en medio electrónico que registran la recopilación y análisis de datos en cada proceso del método, y ii) técnicas desarrolladas y utilizadas en la manufactura y administración de proyectos, como son: el análisis de riesgos, el diagrama causa efecto de Ishikawa, planeación del proyecto, y manejo de lecciones aprendidas.

<sup>34</sup>De acuerdo a la definición de la Real Lengua Española, decir “aportación” significa contribuir, añadir, dar; así que las acciones de aportación en el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas, es todo aquello que: i) añade beneficios al realizar estudios patológicos, ii) ayuda a que toda aquella persona encargada de realizar estudios patológicos invariablemente de su experiencia consiga diagnósticos y recomendaciones de tratamientos asertivos, y por último iii) la integración de técnicas provenientes de disciplinas diferentes a la patología de la construcción.

## 5.1. Resultados generales de la evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas

La calificación de cumplimiento de objetivo y grado de aportación de cada uno de los dieciocho procesos que componen el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas, fue analizada para determinar mejoras en la práctica de tareas y herramientas.

### 5.1.1. Resultado de evaluación de objetivos.

El valor máximo esperado, es el cumplimiento de los dieciocho objetivos que componen el nuevo método para la elaboración de estudios patológicos al 100%.

La primera evaluación se realizó con el caso de estudio del Liceo Metropolitano para adultos, con los siguientes datos: i) el 67% de los objetivos se cumplieron al 100%, ii) el 22% se cumplieron al 50%, iii) no hubo procesos con 0% de cumplimiento, y iv) el 11% de los procesos no se aplicaron en el caso de estudio del Liceo Metropolitano para adultos, ver figura 5.3.

La mejora del método en el caso del Liceo Metropolitano para adultos fue enfocada en el análisis del 22% de los objetivos cumplidos al 50%; aplicando las cuatro etapas consideradas en el círculo de mejora continua<sup>35</sup>. Se estableció: i) la eliminación de las tareas y técnicas de procesos que no fueron útiles, así como el planteamiento de nuevas técnicas y tareas; ii) la consideración de las limitantes de los profesionales que no tienen la especialidad de patología en la construcción, sin embargo, tienen conocimientos en el

---

<sup>35</sup> Edwards Deming es el autor del *círculo de mejora continua*, este círculo es una herramienta para la mejora de la calidad en cualquier proceso, a través de la minimización de fallas. El círculo tiene cuatro etapas, que consisten en: i) tener un *plan*, en el caso de esta investigación se estableció un flujo y descripción de procesos para el nuevo método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas; ii) *hacer*, se traduce al desarrollo de los estudios patológicos con base a lo planeado; iii) *verificar*, es la evaluación del cumplimiento y aportación de los objetivos en cada caso de estudio; por último iv) *actuar*, es tomar las acciones correctas para que se cumpla y aumenten las aportaciones de los objetivos del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

desarrollo de proyectos y construcción, además de habilidades para la investigación científica.

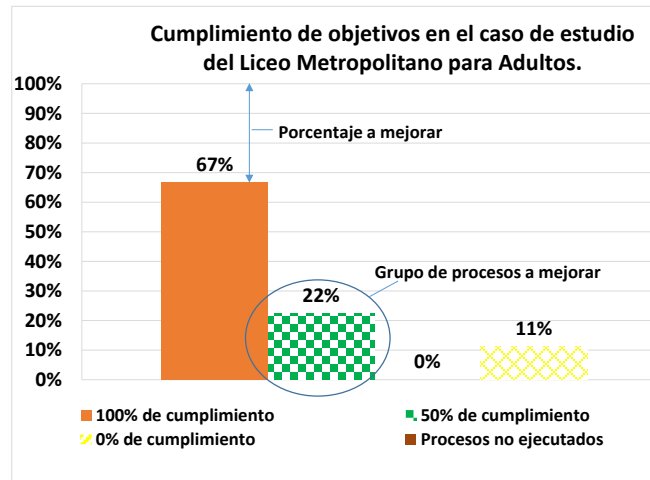


Figura 5.3 Gráfica de cumplimiento de objetivos del caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos

Los objetivos que formaron parte del grupo del 22% con cumplimiento al 50% se reformularon y se evaluaron en el segundo caso de estudio que fue un gimnasio.

En el caso de estudio del Gimnasio, la evaluación del cumplimiento de objetivos del nuevo método para la elaboración de estudios patológicos, indicó que: i) el 78% de los objetivos se cumplieron al 100%, ii) el 11% se cumplieron al 50%, iii) no hubo procesos con 0% de cumplimiento, y iv) el 11% de los procesos no fueron ejecutados; ver figura 5.4



En el caso del gimnasio al igual que en Liceo Metropolitano para Adultos, se analizó el grupo de objetivos evaluados con cumplimiento al 50%, se plantearon cambios en tareas, técnicas y redacción de objetivos de procesos.

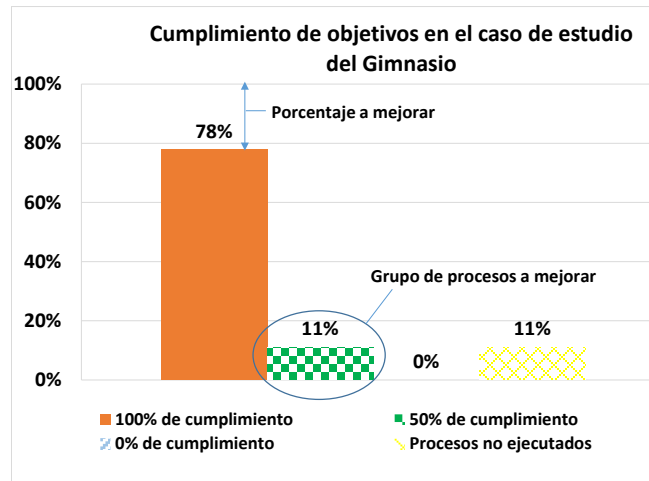


Figura 5.4 Gráfica de cumplimiento de objetivos del caso de estudio del Gimnasio

El mejoramiento del cumplimiento de objetivos de los procesos que componen el nuevo método para la elaboración de estudios patológicos, se observa al comparar las gráficas de cumplimiento de objetivos de los dos casos de estudios desarrollados en esta investigación.

En la figura 5.5 se observa que: i) el grupo de los objetivos con calificación cumplimiento al 50% mejoró 11%, ii) la tendencia lineal del incremento de mejora en los objetivos calificados con el 50% de cumplimiento, pronostica que el continuo análisis y aplicación de mejoras en un cuarto caso de estudio, hace viable la meta del máximo valor en la evaluación de cumplimiento de objetivos.

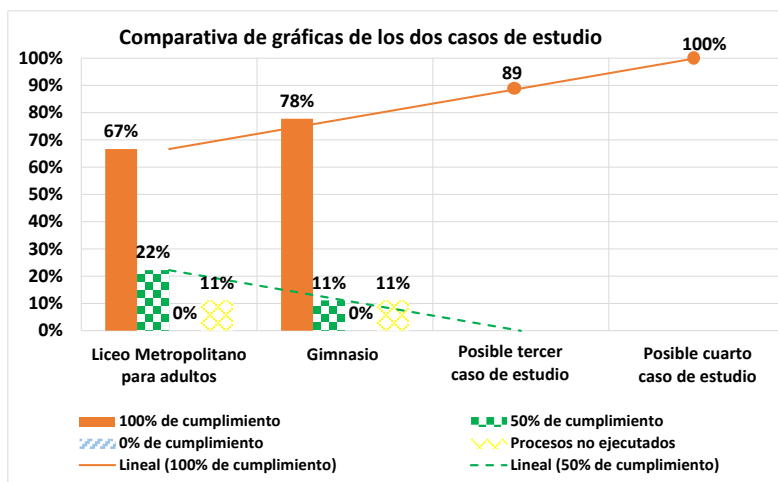


Figura 5.5. Comparativa de gráficas de evaluación de objetivos de los dos casos de estudio

### 5.1.2. Resultado de evaluación de aportación.

La valoración de aportación de los procesos en el caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos indicó que: i) el 50% de los procesos obtuvieron la calificación de alto nivel de aportación; ii) el 17% de los procesos fueron calificados con nivel medio de aportación; iii) el 22% de los procesos tuvieron una valoración de bajo nivel de aportación; y iv) el 11% de los procesos restantes no fueron aplicados; ver figura 5.6

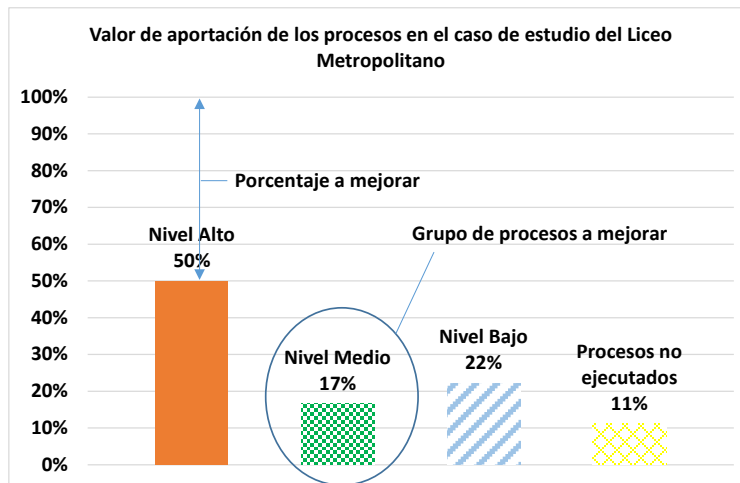


Figura 5.6. Gráfica de valor de aportación de los procesos en el caso de estudio del Liceo Metropolitano

El grupo de procesos que formaron el 17% evaluado con nivel medio de aportación, fue analizado para la identificación de puntos de mejora, decidiendo el replanteamiento de herramientas y tareas para facilitar el trabajo de patólogos. Posteriormente los cambios en los procesos del nuevo método para la elaboración de estudios patológicos fueron evaluados en el caso de estudio del Gimnasio.

La calificación de la aportación de los procesos en el caso de estudio del Gimnasio, señaló que: i) el 56% de los procesos obtuvieron la calificación de alto nivel de aportación; ii) el 11% de los procesos fueron calificados con nivel medio de aportación; iii) el 22% de los procesos tuvieron una valoración de bajo nivel de aportación; y iv) el 11% de los procesos restantes no fueron aplicados; ver figura 5.7

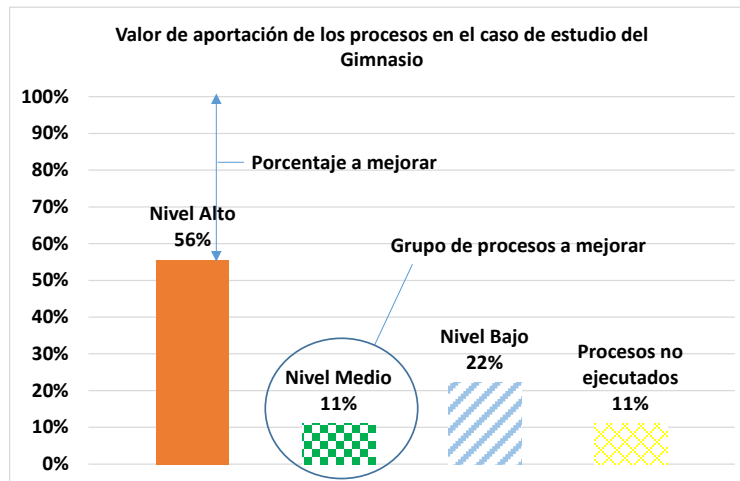


Figura 5.7 Gráfica de valor de aportación de los procesos en el caso de estudio del Gimnasio

La mejora de la aportación de los procesos en la elaboración de estudios patológicos se muestra en la figura 5.8, al comparar las gráficas es visible que entre el primero al segundo caso de estudio la cantidad de procesos con alto nivel de aportación subió 6%.

La tendencia lineal de mejora en el nivel de aportación en los procesos del nuevo método para la elaboración de estudios patológicos, pronostica que el nivel alto de aportación en todos los procesos del nuevo método es viable en un décimo caso de estudio.

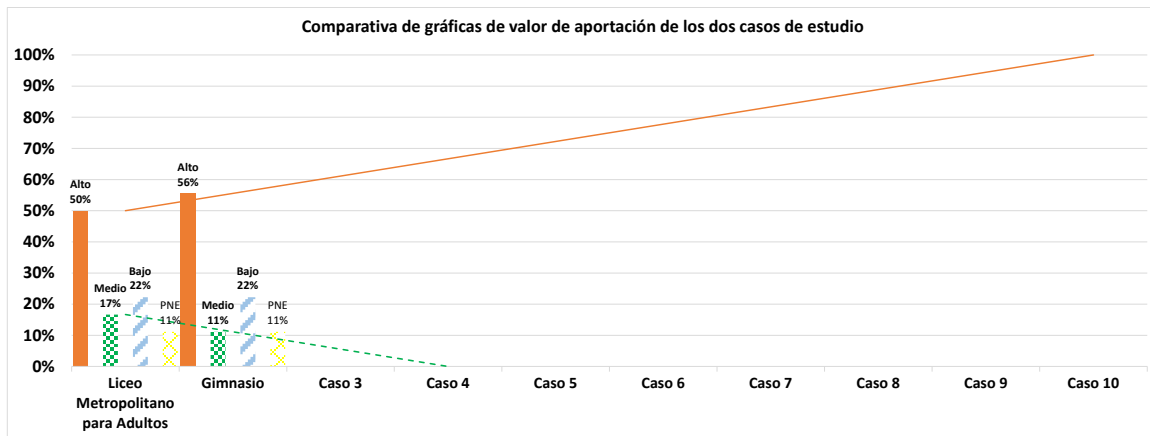


Figura 5.8 Comparativa de gráficas de valor de aportación de los dos casos de estudio

### 5.1.3. Cumplimiento de la propiedad de “ser universal”.

El Liceo Metropolitano para Adultos y el Gimnasio son inmuebles con diferentes características, uso, edad y ubicación; ambos casos de estudio se desarrollaron con los mismos procesos y secuencia planteados en el nuevo método, por lo tanto el nuevo método cumple la propiedad de ser universal.

Los cambios realizados en los objetivos, tareas y herramientas de los procesos que integran el método para la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas, durante la evaluación de los dos casos de estudio, fueron para aumentar la eficiencia de los encargados de estudios patológicos, así como aprovechar técnicas de administración de proyectos en el nuevo método para estudios patológicos.

### 5.1.4. Identificación de porcentajes de causas directas e indirectas.

La elaboración de dos casos de estudio permitió identificar y clasificar causas directas e indirectas; se comprobó que la mayoría de las causas catalogadas como raíz generadoras de procesos patológicos en los edificios son por omisiones y fallas humanas durante las etapas de diseño y obra de inmuebles.

Los edificios son creaciones del ser humano, por lo tanto son imperfectas, o perfectibles; considerando el punto de vista como perfectible, la patología de edificios

contribuye a la detección de fallas humanas para perfeccionar técnicas, materiales y prácticas en el diseño y construcción de edificios.

En el estudio patológico realizado en el Liceo Metropolitano para Adultos se observó que de trece causas detectadas, cuatro fueron mecánicas, seis a causa de diseño, dos generadas en el proceso de obra y una durante el mantenimiento del edificio. En la figura 5.9 se muestra que el 69% de las causas son indirectas y el 31% son directas.

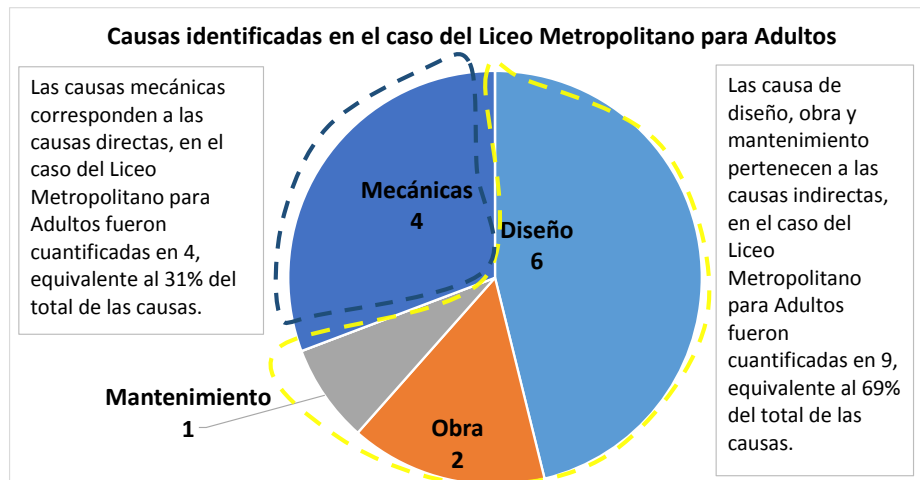
Cabe aclarar que para el análisis de las causas se han dividido primero en causas directas e indirectas y un siguiente nivel de desglose, la razón es que segregar un evento complicado en pequeñas situaciones es una manera más sencilla de solución, sin embargo, se requiere de la resolución de todas las pequeñas situaciones.

Un ejemplo es el proceso patológico de la grieta en muro por falta de junta constructiva en la sala de maestro del Liceo Metropolitano, durante la etapa de remodelación no fue considerado colocar un material elástico entre el material existente y el nuevo, sin embargo, esta no es la única causa que provocó la lesión; la idea de colocar un material en junta constructiva hubiera nacido de asegurar que habría movimientos sísmicos, esto es, considerar la obligatoriedad de una causa directa, la cual si ocurrió, por ende si no había un material absorbente en el momento del sismo entre la junta constructiva, se formó la grieta.

Por lo tanto, para que suceda una lesión debe existir más de una causa y por lo general trabajan en conjunto, ya sean directas e indirectas. Para el estudio de las causas lo conveniente es examinarlas por separado, con la finalidad de encontrar soluciones asertivas para la recomendación de intervenciones.

Examinar las causas por separado podría generar los siguientes resultados:

- a) Tener requisitos de diseño de materiales que absorban los esfuerzos generados por sismos, al analizar la causa directa.
- b) Aprender la importancia de considerar materiales absorbentes de esfuerzos sísmicos en juntas constructivas al analizar la causa indirecta.

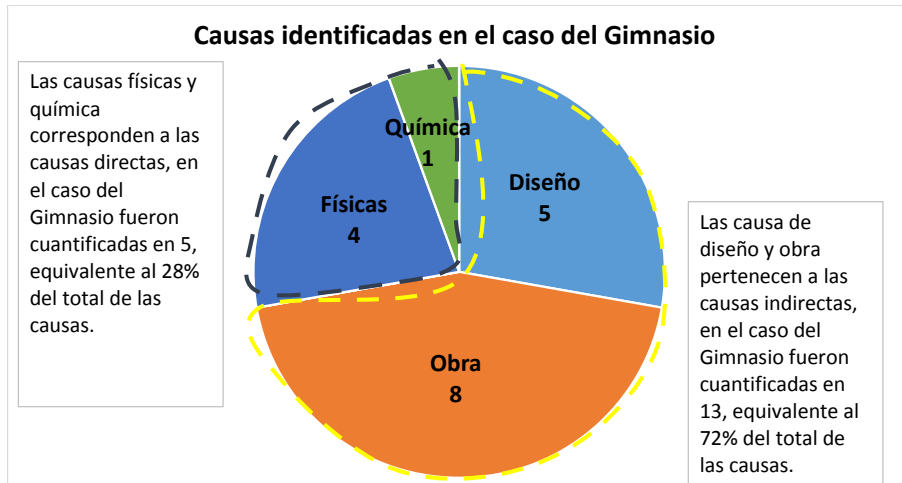


5.9 Gráfica de porcentaje de causas directas e indirectas en el caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos

El caso de estudio patológico del Gimnasio identificó dieciocho causas, de las cuales cuatro fueron físicas, una química, cinco de diseño y ocho por trabajos de obra; al agruparlas en causas directas e indirectas se obtuvo que el 28% fueron directas y el 72% indirectas, ver gráfica 5.10

Las lesiones identificadas en el Gimnasio fueron por deterioros y trabajos realizados en la última remodelación del inmueble, donde las causas directas son latentes en edificaciones vecinas que no han desarrollado los procesos patológicos del Gimnasio, así que los factores clave para que los materiales de construcción se deterioraran a mayor velocidad fueron errores de diseño y ejecución de obra como: i) omisión de fibra aislante en los muros mixtos de tablacemento y paneles de yeso, ii) falta de aumentar la pendiente en la cubierta, iii) errores en la aplicación de la pasta cubriente en tablacemento.

El análisis de causas propuesto en esta investigación genera información para analizar nuevos requerimientos para la mejora de materiales de construcción como son acabados que soporten mayor radiación solar.



5.10 Gráfica de porcentaje de causas directas e indirectas en el caso de estudio del Gimnasio



## 5.2. Caso de estudio 1: Liceo Metropolitano para Adultos en Santiago, Chile

El Liceo Metropolitano para Adultos<sup>36</sup>, está ubicado en Santiago, Chile; se terminó de construir en 1938 y su uso siempre ha sido de tipo educativo; cuenta con protección de la municipalidad debido a que su arquitectura es representativa de una época en Chile<sup>37</sup>, es un edificio candidato a ser patrimonio histórico.

En la figura 5.11 se observa el acceso al Liceo Metropolitano para Adultos, la fachada mide 44.8 m de largo y la mayor altura es de 10 m; en la parte derecha de la fotografía es notable el muro rectangular macizo con una ventana circular característico de la arquitectura moderna.



5.11 Fotografía de la fachada de acceso por la calle Victoria

---

<sup>36</sup> En el anexo A se han integrado las imágenes de los planos de plantas, fachadas y estructurales proporcionados por la municipalidad de Santiago.

<sup>37</sup> El manejo de la geometría, ritmo y simetría, así como el juego de volúmenes en fachada son representativos de la influencia de la arquitectura moderna que como en otros países (europeos) se desarrolló.

La imagen de la figura 5.12 muestra la vista de los dos niveles del edificio, así como el manejo de la composición simétrica con las formas y ubicaciones de las ventanas; del lado izquierdo de la fotografía resalta el cuerpo rectangular que sobresale en el paramento de la fachada, el orden y ritmo de ventanas y elementos sobresalientes son característicos de la arquitectura moderna.



5.12 Fotografía de la fachada de la calle J. A. Tocornal

El inmueble en su origen fue construido para la “Escuela Superior de Niñas Claudio Matte”, en la actualidad aloja a dos escuelas: i) el Liceo Metropolitano para Adultos, y ii) el Jardín Infantil Apóstol Santiago.

El inmueble constructivamente es uno solo, sin embargo, administrativamente su comportamiento está dividido en dos escuelas, el estudio patológico fue realizado en el área utilizada para el Liceo Metropolitano para Adultos; en la figura 5.13 es notoria la división administrativa del edificio, del lado derecho de la fotografía la pintura de la fachada es relativamente reciente, mientras que la pintura de la fachada del lado izquierdo a partir del juego de cuerpos sobresalientes por altura y remetimiento en la planta alta está deteriorada y pintada con graffitis.



5.13 Vista del Acceso a Jardín Infantil Apóstol Santiago

La imagen de la figura 5.14 es una fotografía tomada desde la esquina de las calles J. A Tocornal y Miguel León Prado; en esta imagen se reitera la composición de ritmo y formas en las fachadas, también son visibles los graffitis en los muros de planta baja.



5.14 Fachada del Jardín Infantil Apóstol Santiago

El estado de deterioro del Liceo es más visible en el interior con respecto al exterior. En la figura 5.15 es visible el piso devastado, en otros salones se observan fisuras y grietas en pisos.



5.15 Salón de clases de planta alta

En pasillos de planta baja se observan manchas y desprendimiento de pintura en plafón; ver la figura 5.16



5.16 Plafón de pasillo planta baja

Otra lesión detectada fue la grieta con hundimiento en piso de pasillo de planta baja, ver figura 5.17



5.17 Grietas en piso de pasillo de planta baja

El Liceo Metropolitano para Adultos por su ubicación ha resistido movimientos sísmicos, que han dejado fisuras y grietas en muros, en las figuras 5.18 se observa el ejemplo de lesión por cortante sísmico.



5.18 Fisuras y grietas en sala de maestros

En la Tabla 5.1 se exponen los datos relevantes del edificio para entender sus características.

Tabla 5.1  
*Datos generales del Liceo Metropolitano para Adultos*

| <b>Concepto</b>                              | <b>Descripción</b>  |
|--|---|
| Tipo de uso                                  | Educación medio superior  |
| Ubicación                                    | Calle Victoria, #456, Metropolitana de Santiago, Chile.<br>Latitud 33°27'44.27"S, Longitud 70°38'13.6"W   |
| Inicio y fin de construcción                 | 1935 a 1938   |
| Proyectista y constructor                    | Gustavo Mönckerberg y Aracena / SCEE  |
| Reglamento vigente en el año de construcción | 1931, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción No. 345   |
| Superficie del terreno                       | 4,504 m <sup>2</sup> aproximadamente  |
| Superficie construida                        | 3,876 m <sup>2</sup> aproximadamente  |
| Altura sobre el nivel de banqueta            | 10 m aproximadamente  |
| Niveles construidos                          | 2   |
| Características del terreno                  | Terreno plano, con probabilidad de suelo de grava densa   |
| Actividad sísmica                            | Chile es uno de los países de mayor actividad sísmica, el inmueble desde su construcción ha resistido al menos seis sismos mayores a 8 grados Richter, incluyendo el de Valdivia de 9.5 grados Richter  |
| Estructura vertical y horizontal             | Columnas de concreto armado circulares de 35 cms de diámetro, rectangulares de dimensiones similares<br>Trabes de concreto armado, 52 x 30 cm<br>Muros de carga de tabique de acilla de 28 cm de espesor<br>Losa de entpiso de concreto armado entre 9 a 12 cm de espesor<br>Cubierta de estructura de acero y cubierta de lámina acanalada                         |
| Clasificación patrimonial                    | Protección municipal con viabilidad de ser patrimonio histórico   |
| Rehabilitaciones y remodelaciones            | Construcción de muros falsos en la zona actual de baños<br>Instalación provisional de aulas prefabricadas en el patio.<br>Adaptación de comedor de profesores en planta alta, zona de escaleras<br>Adaptación de sala de maestros integrando un mezzanine de estructura de acero y prefabricados ligeros<br>Las salas 25, 26 y 27 no aparecen en los planos de 1938 |



### 5.2.1. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento básico.

En la etapa de conocimiento básico durante el caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos, se cumplieron al 100% los objetivos de los procesos de identificación de lesiones y patrones patológicos, planteamiento de hipótesis, y expediente de conocimiento básico; mientras que el objetivo del proceso de anamnesis se cumplió al 50%.

A continuación se explica con mayor detalle los resultados y evaluación de los procesos de: i) anamnesis, ii) identificación de lesiones y patrones patológicos, y iii) planteamiento de hipótesis.

#### *5.2.1.1. Resultados y evaluación del proceso de anamnesis.*

El objetivo de *recuperar, documentar y establecer gráficamente los sistemas constructivos y materiales planteados en el diseño de la edificación, los aplicados en obra, remodelaciones, rehabilitaciones y mantenimientos, que contribuyan en la identificación de causas de daños y de elementos constructivos de valor artístico e histórico*, se cumplió al 50%.

Se recuperó y documentó: i) los materiales y sistemas constructivos, y ii) los datos históricos de valor arquitectónico del edificio; al obtener planos de dos épocas de la vida del edificio, con reportes fotográficos de las visitas de inspección y la investigación en internet de documentos.

El registro clínico del edificio se cumplió parcialmente debido a que no se obtuvo acceso a bitácoras y archivos de trabajos de rehabilitaciones y de mantenimiento del liceo.

Las aportaciones identificadas en el proceso de anamnesis, se consideran con valor medio, las cuales fueron:

- i. La creación y aplicación de plantillas para el levantamiento y ordenamiento de: i) datos generales del proyecto, ii) historial clínico, iii) materiales y sistemas constructivos utilizados en el inmueble, iv) información histórica del edificio, y v) levantamiento de lesiones. En el anexo A se presentan los formatos resueltos con respecto caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.

- i. La comprobación de la utilidad de tener y comparar planos de proyecto, de modificaciones y el patrón patológico; como ejemplo se obtuvo el diagnóstico de la fisura por junta constructiva en el muro del eje F entre 23 y 24 de la sala de maestros, de manera asertiva y en una etapa temprana; en el plano arquitectónico de 1938 indicaba un vano, mientras que en el plano de 1991 se observó que el muro es ciego, en el levantamiento de lesiones se observó que la fisura tiene la trayectoria y ubicación del vano, por lo que se dedujo que la falta de material que absorba la diferencia de movimiento entre los materiales durante eventos sísmicos produjo primero fisuras que después se convirtieron en grieta, hasta llegar al estado actual donde hay algunos desprendimientos, en la figura 5.19 se muestra gráficamente lo expuesto en este punto.

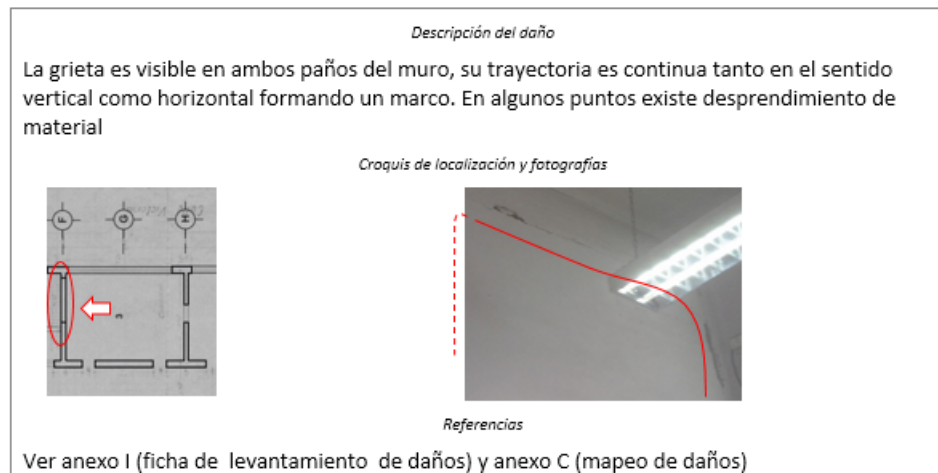


Figura 5.19 Diagnóstico de grieta resuelto en el proceso de amenesis

- ii. Se confirmó que la información parcial o nula de la investigación clínica del edificio genera mayor requerimiento de investigación de lesiones por medio de pruebas de calidad de materiales; en el caso del Liceo Metropolitano la falta de información acerca del tipo de pintura aplicada en fachada y el registro de los trabajos previos y durante la aplicación de pintura, determinaron la recomendación de realizar pruebas de adherencia de la pintura. En la figura 5.20 se muestra la lesión hallada en pintura de la cual se generaron cinco hipótesis, tres de ellas relacionadas con datos de la



investigación clínica, de haber tenido la información probablemente el análisis de esta lesión se hubiera reducido solo a dos o tres hipótesis.



Planteamiento de posibles hipótesis.

- i. La pintura al ser flexible y funcionar de sello se infla con el vapor producido por el agua de lluvia absorbida por el muro de ladrillo y el posterior calentamiento de fachada.
- ii. Problemas de adherencia por la falta de secado del muro previo a la aplicación de pintura.
- iii. Problemas de adherencia por falta de lijado de la superficie y retiro de material de pintura anterior.
- iv. Problemas de adherencia por haber realizado trabajos de aplicación en temperaturas calurosas no adecuadas.
- v. Aplicación incompleta del sistema constructivo al no colocar bota aguas y ser aplicada también en la cara interior del pretil

Figura 5.20 Abombamiento de pintura en fachada.

#### 5.2.1.2. Resultados y evaluación del proceso de identificación de lesiones y patrones patológicos.

El objetivo de *observar y registrar la ubicación y características de las lesiones en materiales y sistemas constructivos, utilizando planos de plantas y alzados del estado actual del edificio y fotografías, para después reconocer patrones de procesos patológicos por medio de la consulta de publicaciones de procesos patológicos y de sistemas constructivos;* se cumplió al 100%.

La aportación del proceso identificación de lesiones y patrones patológicos se calificó como nivel medio; porque la elaboración y aplicación de plantillas para registrar las

lesiones en edificios, así como crear mapeos de daños, propuestas por especialistas, permitió lo siguiente: i) conducir el estudio patológicos a la estandarización, ii) tener una visualización más clara de los patrones patológicos, iii) clasificar y cuantificar las lesiones halladas, y iv) observar fácilmente la relación entre las diferentes lesiones. En el anexo A se presentan ejemplos de una ficha de levantamiento de lesiones y un plano de mapeo de daños.

### *5.2.1.3. Resultados y evaluación del proceso de planteamiento de hipótesis.*

El objetivo de *plantear las causas y procesos patológicos, a partir de: i) análisis de causas, ii) de análisis de resultados de pruebas no destructivas y mediciones básicas, y iii) de información del proceso de anamnesis*, se cumplió al 100%.

La aportación del proceso planteamiento de hipótesis se considera alta; en este proceso se diseñó y aplicó el formato para desarrollar hipótesis, que consiste en una guía que indica paso a paso como fundamentar y formar hipótesis a partir de la información de la anamnesis y de la identificación de lesiones y patrones de procesos patológicos; con la facilidad de que el arquitecto o ingeniero que aplique no requiera ser un especialista en patología. En el anexo A se presenta un ejemplo de este formato aplicado en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos.

El uso del análisis causa – efecto de Ishikawa en el caso del Liceo Metropolitano para adultos, fue satisfactorio, y se aplicó de manera diferente con respecto a la aplicación realizada por especialistas en patología<sup>38</sup>; en el caso del Liceo Metropolitano, cada vertebra del diagrama pertenece a la agrupación de ideas surgida de la lluvia de ideas creada previa al desarrollo del diagrama de Ishikawa.

En la figura 5.21 se presenta el ejemplo del análisis de las causas de fisuras y grietas en diagonal identificadas en muros del Liceo Metropolitano para Adultos. En la cabeza del esquema de pescado se anotó el efecto a analizar “Fisuras y grietas a analizar en diagonal en muros de tabique de la planta baja en los ejes H entre 23 y 24, y J entre 23 y 24”; posteriormente se hizo la pregunta: ¿Qué causas podrían haber desarrollado las fisuras y grietas en diagonal en los muros de los ejes H entre 23 y 24, y J entre 23 y 24?, se hallaron

---

<sup>38</sup> Mansur & Mansur (2006), establecen seis vertebra principales que ocupan los títulos de las 5Ms (material, mano de obra, maquinaria, método, medio ambiente) y las causas generadas por la naturaleza, para determinar las causas de los efectos que analizan.

dos respuestas: i) movimientos sísmicos y cambios de esbeltez en muros, y ii) incremento de carga en muros por adaptación de mezzanine; en seguida se volvió a formular preguntas para comprender las causas de los cambios de esbeltez en muros y como afectaba la adaptación del mezzanine en la sala de maestros, las respuestas fueron consideradas suficientes<sup>39</sup> para formar la hipótesis acerca de las fisuras y grietas en diagonal en muros de tabique en la sala de maestros.

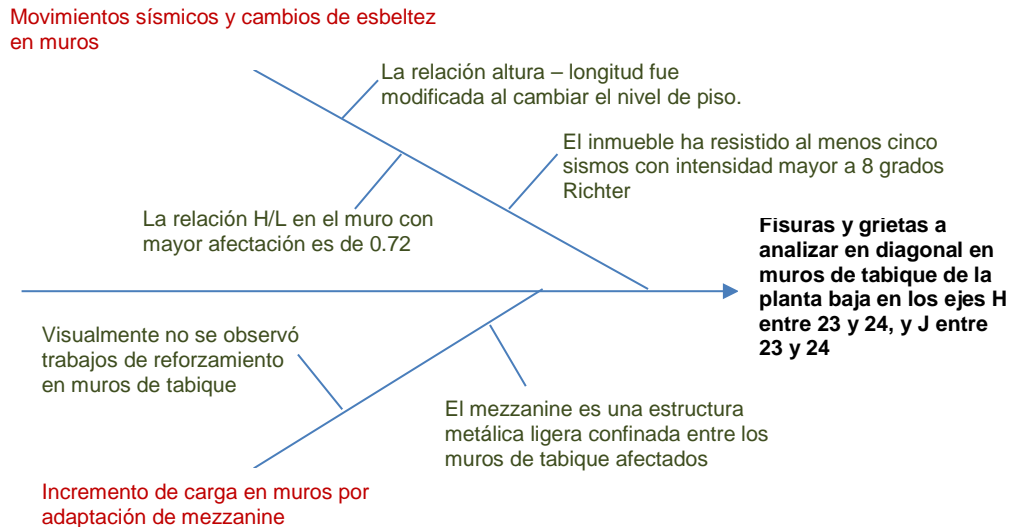


Figura 5.21 Análisis causa – efecto de fisuras y grietas en diagonal en muros.

<sup>39</sup> Especialistas en mejora de calidad recomiendan que como máximo se realicen cinco rondas para conocer las causas raíces que provocan un efecto, sin embargo, en el ejemplo de la figura 5.9 con la segunda ronda fue suficiente para encontrar las causas raíces.

### 5.2.2. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento profundo.

En la aplicación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas en el Liceo Metropolitano para Adultos, solo se llevaron a cabo dos procesos de cuatro; se registró que el 25% de los objetivos de los cuatro procesos se cumplió, mientras que el 75% restante de los procesos no cumplió con los objetivos que fueron diseñados.

La explicación particular de los resultados de cada proceso de la etapa de conocimiento profundo se presenta en los siguientes incisos.

#### 5.2.2.1. Resultados y evaluación del proceso de selección de lesiones y áreas a estudiar.

El objetivo del proceso de selección de lesiones y áreas a estudiar se cumplió al 50%; el acierto consistió en determinar el tipo de pruebas y estudios especializados para valorar a mayor profundidad las condiciones del material de elementos constructivos lesionados; la falla en el cumplimiento del objetivo fue la incongruencia de la redacción del objetivo original con lo realizado en el proceso de selección de lesiones y áreas a estudiar, el objetivo original indicaba que: *se debía desarrollar las pruebas y mediciones no destructivas en los materiales para conocer el estado de servicio de sistemas constructivos y materiales*; en la ejecución del proceso se inició con la el planteamiento de lesiones a profundizar y la planeación de los estudios especializados, así que se estableció un nuevo objetivo, que fue, *determinar las lesiones con mayor grado de incertidumbre y ubicación de estas en los planos de mapeo de daños para definir patrones de procesos patológicos, entender por qué y quienes son los especialistas y pruebas para obtener mayor precisión de datos de las propiedades de los materiales*.

La aportación identificada en el proceso de selección de lesiones y área a estudiar fue calificada como baja, se comprobó la importancia de determinar: i) lesiones que requieren mayor estudio a detalle, ii) la colaboración de especialistas en patología, materiales, análisis de sistemas constructivos y en la interacción del medio ambiente con las construcciones, así como iii) ubicar los elementos y puntos específicos a estudiar.

Se observó que el nivel de conocimiento en patología de edificios del ingeniero o arquitecto encargado de realizar el estudio patológico, también determina el requerimiento de colaboración de especialistas, entre más amplio sea el conocimiento del arquitecto o ingeniero menor será la necesidad de requerir la colaboración de especialista. Esta

observación comprueba lo expresado por especialistas en patología que indican que la patología en la construcción es un trabajo multidisciplinario.

#### 5.2.2.2. Resultados y evaluación del proceso planeación de estudios especializados.

El objetivo *planear la coordinación de las intervenciones de los especialistas y pruebas especializadas para conseguir fines en común en la aclaración de hipótesis*, se cumplió al 100%.

La aportación del proceso de planeación de estudios especializados fue evaluado como alta, ya que se adaptaron recomendaciones de buenas prácticas para la planeación de proyectos, se consideró el conjunto de estudios patológicos como un proyecto dirigido por el responsable del estudio patológico.

La planeación de estudios especializados esta materializado en dos plantillas: i) la primera contiene la coordinación de todos los estudios especializados, ii) la segunda establece de manera detallada objetivos y actividades de cada uno de los estudios especializados requeridos. En el anexo A se presenta ejemplos de los formatos desarrollados en el caso del Liceo Metropolitano.

Las aportaciones identificadas como relevantes en el proceso de planeación de estudios especializados fueron:

- i) Matriz de relaciones de estudios especializados, en la figura 5.22 se muestra como fue definido en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos la relación entre los ocho diferentes estudios requeridos; la lectura de la matriz de relaciones está basada en la intersección de las celdas en diagonal que nacen de los renglones que se encuentran a la izquierda de la matriz y contienen el listado de los estudios especializados<sup>40</sup>. En la planeación de estudios

---

<sup>40</sup> Para explicar cómo funciona la matriz de relaciones de la figura 5.10, se ha tomado como ejemplo el renglón dos "Extracción de muestras de hormigón"; del lado derecho de la matriz los renglones cambian a direcciones en diagonal; por tanto, los cuadros marcados con color verde pertenecen al renglón dos; cada cuadro del lado derecho de la matriz significa una intersección entre estudios, así que los cuadros de color verde son intersecciones de la prueba de extracción de muestras de hormigón con los renglones del tres al ocho; para saber cómo leer la relación con los renglones debajo del dos se debe leer el renglón tres con cambio de dirección hacia arriba, así que el renglón tres hacia arriba con el renglón dos hacia abajo tiene la intersección

especializados del Liceo Metropolitano para Adultos se interpreta que cuatro de los estudios especializados dependen de la extracción de muestras de concreto reforzado, mientras que el estudio geotécnico solo está vinculado a la revisión estructural.

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Estudio geotécnico                                 |  |
| 2 | Extracción de muestras de concreto                 |  |
| 3 | Pruebas de adherencia de pintura                   |  |
| 4 | Pruebas de corrosión de armado de losa de concreto |  |
| 5 | Estudio petrográfico de hormigón                   |  |
| 6 | Pruebas de compresión de muestras de concreto      |  |
| 7 | Revisión estructural                               |  |
| 8 | Revisión biológica                                 |  |

Figura 5.22 Matriz de relaciones de estudios especializados

- ii) Cronograma general de actividades de estudios especializados, en la figura 5.23 se muestra de manera parcial lo presentado en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos, el cronograma establece escala primaria semanal, considerando la duración para actividad necesaria en los estudios especializados, conservando el vínculo establecido en la matriz de relaciones.

|  | Semana 1  |    |    |    |    |    |    | Semana 2           |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
|--|---|----|----|----|----|----|----|--------------------|----|----|----|----------------------|----|----|--------------------|--|--|--|--------------------|--|--|
|  | lu  | ma | mi | ju | vi | sa | do | lu                 | ma | mi | ju | vi                   | sa | do |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 1 Estudio geotécnico                                 | Preparación y reunión de arranque de trabajos de estudios |    |    |    |    |    |    | Trabajo en terreno |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 2 Extracción de muestras de concreto                 |   |    |    |    |    |    |    | Trabajo en terreno |    |    |    | Informe y entrega de |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    | Trabajo en terreno |  |  |  |                    |  |  |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de concreto |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  | Trabajo en terreno |  |  |
| 5 Estudio petrográfico de concreto                   |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de concreto      |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 7 Revisión estructural                               |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |
| 8 Revisión biológica                                 |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |                      |    |    |                    |  |  |  |                    |  |  |

Figura 5.23 Cronograma general de actividades de estudios especializados.

en color blanco; la siguiente lectura es el renglón cuatro hacia arriba con el renglón dos hacia abajo, en este caso la intersección es de color verde lo que indica que existe una dependencia entre la extracción de muestras de hormigón con las pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón, al igual que en la lectura del renglón tres y cuatro se debe hacer con el cinco, seis, siete y ocho.

- iii) Plan de comunicación, en la figura 5.24 se expone el ejemplo de las reglas propuestas para la comunicación efectiva entre los involucrados en los estudios especializados coordinados por el encargado de realizar el estudio patológico.

| Plan de comunicación   |   |
|--|---|
|  | <i>Medios de comunicación</i>           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Reuniones de trabajo presencial o video conferencia, en terreno o gabinete, la decisión del tipo de reunión y enviar la convocatoria estará a cargo del responsable general del estudio patológico.</li><li>• Toda reunión deberá ser solicitada con orden del día adjunta y ser cerrada con una minuta firmada por cada asistente</li><li>• Al inicio general de los estudios se realizará una reunión presencial en terreno con todos los involucrados para presentar el objetivo de los estudios su interrelación, conocer el inmueble de estudio y determinar horarios de trabajo y cuidados en el lugar.</li><li>• Al término general de los estudios se realizará una reunión presencial o video conferencia con todos los involucrados para cerrar todas las actividades de los estudios.</li><li>• El responsable general del estudio patológico será el encargado de determinar las fechas de reunión y el tipo de estas para dar seguimiento a avances en alcance, tiempo y soluciones técnicas.</li><li>• Otras opciones de medios de comunicación son los correos electrónicos, por lo que deberán llevar copia a cada involucrado en el tema de acuerdo a la matriz de relaciones de los estudios especializados y al responsable del estudio patológico.</li></ul> |   |
|  | <i>Administración de la información</i> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• El responsable general del estudio patológico es el encargado de establecer el servicio de nube y dar acceso a cada uno de los responsables de los estudios especializados.</li><li>• Todas las órdenes del día y minutas deberán ser guardadas en la nube con acceso a todos los involucrados.</li><li>• Resultados e informes deberán ser almacenados en las carpetas de la nube.</li></ul>  |   |

Figura 5.24 Plan de comunicación.

- iv) El planteamiento de estudio, es la primera sección del formato de la planeación específica de cada estudio, como se muestra en la figura 5.25 se considera importante que el especialista en geotecnia conozca los puntos donde realizarán muestras, así como el objetivo específico de su trabajo.

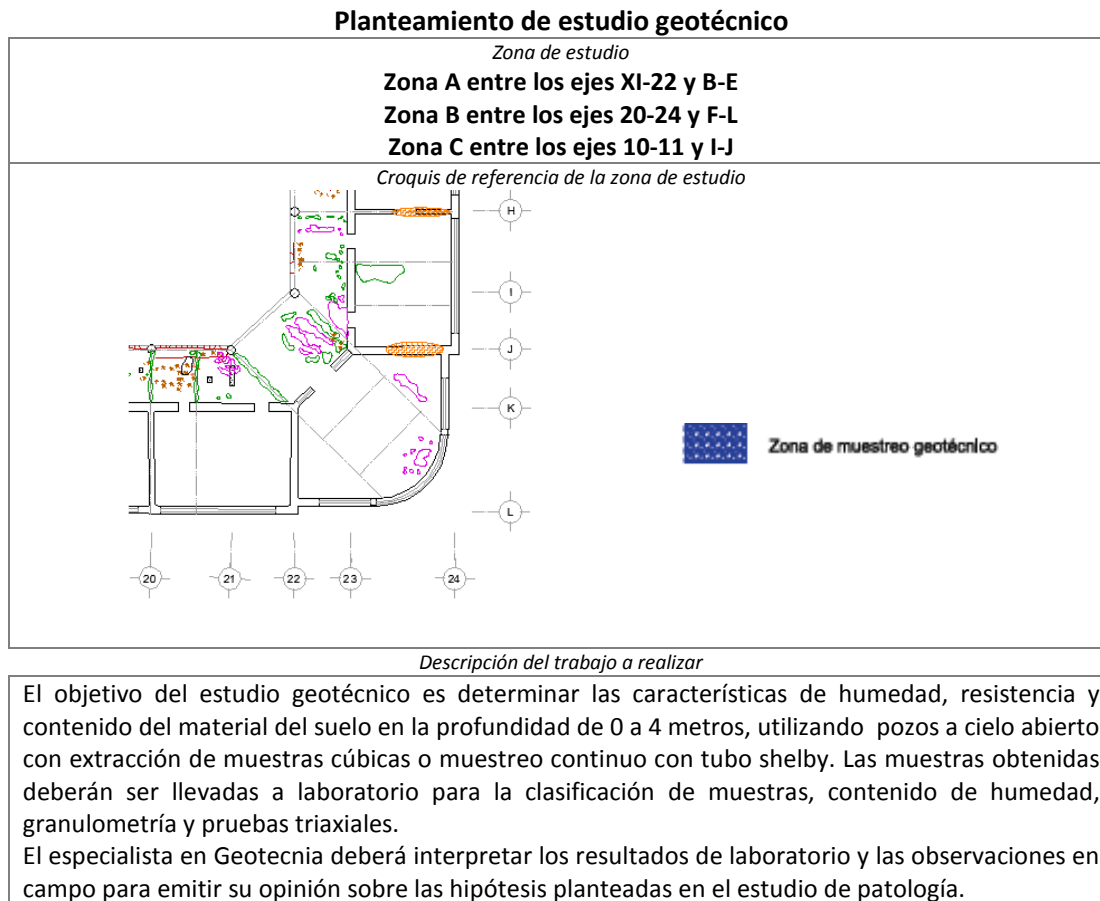


Figura 5.25 Planteamiento de estudio geotécnico.

- v) Listado de pruebas a realizar, esta es una segunda sección del formato de la planeación específica de cada estudio; en la planeación propuesta para estudio geotécnico en el Liceo Metropolitano para Adultos se estima que el tipo de pruebas y cantidad deben ser conciliados con el especialista, y que el listado de pruebas a realizar se convierta en una orden de trabajo. En la figura 5.26 Listado de pruebas a realizar, se expone como ejemplo las pruebas propuestas en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos.



| Prueba                                       | Cantidad | Listado de pruebas a realizar             |   |
|--|----------|---|---|
|  |          | Ubicación                                 | Descripción   |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto              | 1        | Paño exterior de columna C XV             | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto              | 1        | Sala de profesores entre ejes I-J y 23-24 | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto              | 1        | Patio entre los ejes I-J y 20-21          | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto              | 1        | Patio entre los ejes I-J y 10-11          | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 2) muestreo continuo con tubo shelby | 1        | Paño exterior de columna C XV             | Perforación del suelo con Longyear y tubos shelby con muestreo continuo de 0 a 4.00 m           |

## 5.26 Listado de pruebas a realizar

### 5.2.2.3. Resultados y evaluación del proceso ejecución de estudios especializados.

El objetivo *desarrollar y coordinar las intervenciones de los especialistas y pruebas especializadas para conseguir la aclaración de hipótesis*, se consideró no cumplido debido a que el tiempo, recursos y disponibilidad de especialistas en el caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos no fueron viables.

Las aportaciones del proceso ejecución de estudios especializados se conservan como expectativas de asertividad en el diagnóstico de procesos patológicos y de la recomendación de tratamientos.

### 5.2.2.4. Resultados y evaluación del proceso revisión de hipótesis.

El objetivo *verificar el planteamiento original de las hipótesis desarrolladas en el conocimiento profundo con respecto a los resultados de estudios y pruebas realizadas por los especialistas, para mantenerla, modificarlas, eliminarlas o crear nueva*, se consideró no cumplido debido a que el tiempo, recursos y disponibilidad de especialistas en el caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos no fueron viables.

Las aportaciones del proceso revisión de hipótesis se conservan como expectativas de asertividad en el diagnóstico de procesos patológicos y de la recomendación de tratamientos.

### 5.2.3. Resultados y evaluación de la etapa de diagnóstico.

La etapa de diagnóstico del método para la elaboración de estudios patológicos cumplió al 100% con el 67% de sus procesos, el 33% de los objetivos restantes se cumplieron al 50%.

A continuación se presentan los resultados y evaluaciones específicos de cada uno de los tres procesos que integran la etapa de diagnóstico.

#### *5.2.3.1. Resultados y evaluación del proceso comprobación de hipótesis.*

*El objetivo determinar el cumplimiento de la hipótesis con base a los resultados obtenidos en el modelado y lo planteado en manuales de patología y construcción, así como normatividad, se cumplió al 100%.*

La aportación del proceso de comprobación de hipótesis se evaluó en nivel medio, ya que fue comprobada la idea de especialista acerca de la utilidad del uso de manuales de patologías para confirmar diagnósticos de procesos constructivos.

En el proceso de comprobación de hipótesis se diseñó y aplicó la plantilla de comprobación de hipótesis, la plantilla tiene la función de guía para: i) registrar información que fundamenta o rechaza hipótesis, ii) analizar información para evaluar la hipótesis, y iii) exponer las razones por las que la hipótesis es confirmada o rechazada; el encargado de la elaboración de estudios patológicos es el primer beneficiado al utilizar la plantilla, siendo mayor el beneficio para aquellos arquitectos e ingenieros con poca experiencia en la patología de la construcción. En el anexo A se muestra el ejemplo del formato resuelto con una de las hipótesis planteadas en el caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.

Durante la ejecución del proceso comprobación de hipótesis se constató que existen tres formas de comprobar hipótesis en un estudio patológico, estas son: i) modelado con programas de computadora, ii) realizar pruebas de calidad de materiales en prototipos simulando las condiciones ambientales y propiedades de materiales establecidos en hipótesis, y iii) comparar la hipótesis establecida con la información de casos similares.

El modelado con programas de computadora son viables para procesos patológicos relacionados al análisis estructural, se requiere de conocimiento especializado para realizar el modelado y tener acceso a los programas de cómputo.

Elaborar prototipos de materiales y someterlos a pruebas de calidad, simulando las condiciones de la hipótesis, es un trabajo de alto costo con requerimiento de tiempo mayor a las otras dos maneras de solucionar la comprobación de hipótesis, utilizar prototipos para comprobar hipótesis es justificada para estudios patológicos en edificios catalogados como patrimonio histórico y cultural.

La comparación de casos para comprobar hipótesis, es la forma de menor costo y tiempo de ejecución, la aplicación de esta técnica es equivalente al uso de las lecciones aprendidas.

#### *5.2.3.2. Resultados y evaluación del proceso determinación de la gravedad de los procesos patológicos.*

El objetivo original: *indicar el grado de riesgo estructural y de deterioro de sistemas constructivos y materiales, a través de escalas y criterios de impacto, velocidad, daño estético, daño funcional y daño estructura;* se cumplió al 50%, por lo que fue necesario valorar los aciertos, fallas y puntos de mejora para establecer uno nuevo.

El nuevo objetivo fue: *priorizar la atención de los procesos patológicos con base a la relación entre: i) seguridad del edificio, ii) funcionamiento, iii) probabilidad de riesgos, e iv) impacto en caso de que sucedan los riesgos.*

La aportación del proceso determinación de la gravedad de los procesos patológicos se consideró nivel alto, porque se analizaron los procesos patológicos como riesgos a partir de las hipótesis comprobadas y se adaptaron procesos y técnicas de administración de riesgos como son: i) el análisis cualitativo de riesgos, ii) la matriz probabilidad – impacto, y iii) el plan de respuesta.

En el caso del Liceo Metropolitano para Adultos se identificaron ocho procesos patológicos; siete de ellos se valoraron con gravedad media, recomendando se llevara a cabo la intervención de cada uno antes de un año, para evitar que continuara la degradación de materiales, y por consecuencia cambiara el tipo de tratamiento aumentando costos; el octavo proceso patológico se clasificó como gravedad baja, su plazo de atención se estableció en un máximo de tres años. En la tabla 5.2 Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Liceo Metropolitano para Adultos, se presenta el tipo de cada uno de los procesos patológicos identificados, esta

información es parte de la explicación de los procesos patológicos del informe de diagnóstico.

Tabla 5.2

*Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Liceo Metropolitano para Adultos*

| No. | Proceso patológico  | Gravedad | Tiempo de atención |
|-----|---|----------|--------------------|
| 1   | Grieta en muro por falta de junta constructiva en muro de sala de maestros                                  | Media    | Antes de 1 año     |
| 2   | Grieta por cortante sísmico en la sala de maestros  | Media    | Antes de 1 año     |
| 3   | Grieta por cortante sísmico en planta alta  | Media    | Antes de 1 año     |
| 4   | Degradación de materiales por humedad de terraza  | Media    | Antes de 1 año     |
| 5   | Desecación del suelo en área de pasillos  | Media    | Antes de 1 año     |
| 6   | Obstrucción de vapor en capa de pintura   | Media    | Antes de 1 año     |
| 7   | Erosión superficial en fachadas interiores y cielos   | Media    | Antes de 1 año     |
| 8   | Fisuras y grietas por contracción y falta de aislamiento en elementos constructivos de la losa de entrepiso | Baja     | Antes de 3 años    |

#### 5.2.3.3. Resultados y evaluación del proceso redacción de informe de diagnóstico.

El objetivo es *transcribir la descripción de los procesos patológicos hallados en el edificio junto con la recomendación de tratamientos*, se cumplió al 100%.

En el proceso de redacción de informe de diagnóstico se aplicó la estructura del informe utilizado por especialistas en patología, por lo tanto, no hubo características novedosas en la redacción del informe, por lo que la aportación de este proceso fue calificado con nivel bajo.

El informe fue presentado a dos especialistas en patología de la construcción, las observaciones fueron las siguientes:

- i) En la primera revisión, la información y estructura fue satisfactoria con ajustes en el lenguaje técnico; quien desarrolló el estudio patológico es mexicana y quien lo revisó es chilena, el idioma nativo de ambas personas es el español, sin embargo, los conceptos técnicos se denominan con diferentes palabras en ambos países, por lo que el vocabulario se adaptó a lo establecido en Chile.

- ii) La segunda presentación a otro especialista, registró: i) la solicitud de cambio de vocabulario al español utilizado en México, el patólogo es de nacionalidad mexicana, ii) hubo cuestionamiento sobre la aplicación de pruebas con el esclerómetro, y iii) solicitó cambios en la estructura del informe de diagnóstico sin cambios en la explicación de procesos patológicos ni en la recomendación de tratamientos.

Las opiniones de los dos especialistas confirman la universalidad del método para la elaboración de estudios patológicos, y la necesidad de crear un glosario de sinónimos de conceptos técnicos relacionados en la industria de la construcción.

#### 5.2.4. Resultados y evaluación de la etapa de recomendación de tratamiento.

La etapa de recomendación de tratamiento del método para la elaboración de estudios patológicos cumplió al 100% con el 50% de sus procesos, el 50% de los objetivos restante se cumplió al 50%.

A continuación se presentan los resultados y evaluaciones específicos de los dos procesos que integran la etapa de recomendación de tratamiento.

##### 5.2.4.1. Resultados y evaluación del proceso de definición del tipo de intervención.

El objetivo *determinar el tipo de trabajo de intervención ya sea rehabilitación, restauración, reparación o prevención para restablecer el nivel de servicio del edificio de acuerdo a las propiedades de materiales y sistemas constructivos, y a los requerimientos actuales del edificio*, se cumplió al 100%.

La aportación del proceso de definición del tipo de intervención fue evaluada como nivel bajo, porque el proceso se desarrolló como lo muestran los especialistas en patología de la construcción en diferentes libros y artículos.

En el caso del Liceo Metropolitano para Adultos, la definición del tipo de intervención se basó en el plan de respuesta elaborado en el proceso de determinación de la gravedad de los procesos patológicos, como resultado se tiene que: i) el 50% de los procesos patológicos requieren de reparación, ii) el 25% de las intervenciones son reforzamiento en muros, y iii) el restante 25% de los procesos patológicos se recomienda estabilizar y reparar; en la tabla 5.3 se muestra el tipo de intervención recomendada.

Tabla 5.3  
*Tipos de intervención recomendados en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos*

| No. | Proceso patológico   | Tipo de intervención        |
|-----|--|-----------------------------|
| 1   | Grieta en muro por falta de junta constructiva en muro de sala de maestros                                 | Reparación                  |
| 2   | Grieta por cortante sísmico en la sala de maestros   | Reforzamiento               |
| 3   | Grieta por cortante sísmico en planta alta   | Reforzamiento               |
| 4   | Degradación de materiales por humedad de terraza   | Estabilización y reparación |
| 5   | Desecación del suelo en área de pasillos   | Estabilización y reparación |
| 6   | Obstrucción de vapor en capa de pintura  | Reparación                  |
| 7   | Erosión superficial de fachadas interiores y en cielos   | Reparación                  |
| 8   | Fisuras y grietas por contracción y falta de aislamiento en elementos constructivos de la losa de entepiso | Reparación                  |

#### 5.2.4.2. Resultados y evaluación del proceso de determinación del tratamiento.

El objetivo *seleccionar y emitir la opinión del tratamiento más adecuado para restablecer el nivel de servicio del edificio, evitando o en su caso mitigando futuros daños*, se cumplió al 50%. La prioridad de tareas y técnicas aplicadas en el proceso son congruentes al objetivo por lo que no fue necesario realizar ajuste en el objetivo. La calificación de cumplido al 50% se debió a la falta de precisión en el tratamiento debido a la ausencia de estudios especializados considerados en la etapa de conocimiento profundo.

La aportación en el proceso de determinación del tratamiento es de nivel bajo, porque la ejecución del proceso solo comprobó que la integración de la determinación del tratamiento en el nuevo método para la elaboración de estudios patológicos es necesario para darle valor a los estudios patológicos por parte del solicitante de los estudios.

Durante la determinación del tratamiento, se diseñó y utilizó el formato de recomendación de tratamiento.

El formato de recomendación de tratamiento se consideró como guía para desarrollar la redacción del tratamiento, está estructurado en: i) indicación del tipo de intervención, ii) descripción corta del tipo de tratamiento recomendado, y i) el listado de los trabajos previos, durante y posteriores a la intervención. El formato se considera útil para el arquitecto o ingeniero que realiza estudios patológicos, sobre todo para aquellos con

poca experiencia en la patología de la construcción, la estructura del formato permite organizar fácilmente las ideas para expresar el tratamiento recomendado. En el anexo A se muestra un ejemplo de la aplicación del formato de recomendación de tratamiento en el caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.

El contenido del formato, recomendación de tratamiento se traslada al informe de diagnóstico.

#### 5.2.5. Lecciones aprendidas de causas y patrones patológicos.

El siguiente listado son las lecciones aprendidas a través de la ejecución del caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos.

- i. El registro de planos y trabajos de intervención durante la operación de los edificios permite clarificar lesiones y procesos patológicos, un ejemplo fue la grieta por falta de junta constructiva en muro de sala de maestros. La lesión se muestra en la figura 5.19.
- ii. En toda junta constructiva, en edificios localizados en zonas sísmicas debe ser considerada la instalación de material que absorba la diferencia de movimientos de los materiales en eventos sísmicos. El ejemplo de este tipo de lesiones se muestra en la figura 5.19
- iii. Es importante considerar el comportamiento de los materiales existentes en el edificios y los que serán aplicados, con respecto a las condiciones ambientales a las que serán sometido, ya que la falta de este análisis puede ser causante de decisiones equivocadas en la elección de materiales que a corto y mediano plazo generan procesos patológicos, como ejemplo se toman dos hipótesis del abombamiento de pintura en la fachada exterior norte del Liceo Metropolitano para Adultos, que establecen: i) la causa del abombamiento de pintura es que el material al ser flexible y funcionar como sello se infla con el vapor producido por el agua de lluvia absorbida por el muro de tabique y el posterior calentamiento de fachada; y ii) el aplicar pintura bajo temperaturas altas disminuye la capacidad de adherencia, lo cual puede ser motivo de abombamiento del material. El ejemplo de la lesión se muestra en la figura 5.20
- iv. La falta de solución y secado de muros húmedos previo a la aplicación de pinturas, así como la falta de lijado de la superficie y retiro de material de

- pintura anterior puede ser causante de abombamiento de pintura. El ejemplo de la lesión se muestra en la figura 5.20
- v. La identificación de manchas marrón en elementos de concreto armado además de ser a causa de oxidación de acero, es probable que sea a causa de pirita del agregado que este disuelto por humedad en el concreto, o a causa de la generación de biocapa de bacterias que se instalan en superficies húmedas. En la figura 5.27 la fotografía del lado izquierdo muestra la lesión del plafón del Liceo Metropolitano para Adultos, del lado derecho se observa las lesiones de corrosión de acero en trabe de concreto armado.



Figura 5.27 Manchas marrón

- vi. Diseñar el sistema constructivo de impermeabilización implica: i) considerar pendientes, ii) condiciones ambientales (precipitación pluvial y radiación solar), y iii) accesorios como bota aguas y tapajuntas. En el caso de estudio del Liceo Metropolitano se observó que el sistema de impermeabilización fue instalado parcialmente sin considerar las condiciones ambientales lo que genero un rápido deterioro del material impermeabilizante, apareciendo en un corto plazo goteras anteriores. En la figura 5.28 se observa las condiciones del impermeabilizante, en la foto del lado izquierdo se visualiza la falta de retiro de material previo a la aplicación de la emulsión impermeabilizante, en la foto del lado derecho se observa la falta de pendiente en el canal de desagüe pluvial y la instalación parcial de bota aguas en el pretil.





5.28 Impermeabilización en terraza

- vii. Considerar los reglamentos de construcción vigentes en la época de construcción de los edificios, así como tener conocimiento de la construcción de sistemas constructivos de la época facilita a localizar causas de lesiones por deterioro y fin de vida útil de materiales, así como la aplicación de nuevos requerimientos superiores a las condiciones del edificio. En el caso del Liceo Metropolitano para Adultos, las áreas con mayor cantidad de lesiones son aquellas en las que se remodelo el espacio.
- viii. El 27% de las causas de las lesiones fueron directas y el 73% se clasificaron indirectas, este caso de estudio coincide con las gráficas presentadas por Chávez y Álvarez, quienes hacen una recopilación de datos de diferentes estudios que indican que la mayoría de las causas son ocasionadas por fallas en: i) el diseño, ii) ejecución de obra, iii) uso inadecuado del edificio, y iv) falta o errores en el mantenimiento. Ver tabla 5.4.

Tabla 5.4.  
Clasificación de causas de lesiones del Liceo Metropolitano para Adultos

| No.                                      | Proceso Patológico   | Directa |          |         |           | Indirecta |      |     |               |
|--|--|---------|----------|---------|-----------|-----------|------|-----|---------------|
|  |  | Física  | Mecánica | Química | Biológica | Diseño    | Obra | Uso | Mantenimiento |
| 1  | Grieta en muro por falta de junta constructiva en muro de sala de maestros                                 |         | Sí       |         |           | Sí        |      |     |               |
| 2  | Grieta por cortante sísmico en la sala de maestros   |         | Sí       |         |           | Sí        |      |     |               |
| 3  | Grieta por cortante sísmico en planta alta   |         | Sí       |         |           | Sí        |      |     |               |
| 4  | Degradación de materiales por humedad de terraza   |         |          |         |           | Sí        | Sí   |     |               |
| 5  | Desecación del suelo en área de pasillos   |         | Sí       |         |           |           |      |     |               |
| 6  | Obstrucción de vapor en capa de pintura  |         |          |         |           | Sí        | Sí   |     |               |
| 7  | Erosión superficial de fachadas interiores y en cielos   |         |          |         |           |           |      |     | Sí            |
| 8  | Fisuras y grietas por contracción y falta de aislamiento en elementos constructivos de la losa de entepiso |         |          |         |           | Sí        |      |     |               |
| Cantidad de causas específicas           |  | 0       | 4        | 0       | 0         | 6         | 2    | 0   | 1             |
| Cantidad de causas directas e indirectas |  |         |          | 4       |           |           |      | 9   |               |

### 5.3. Caso de estudio 2: Gimnasio en la Ciudad de México.

El Gimnasio International Sport, está ubicado en la colonia Letrán Valle de la Ciudad de México; su construcción data aproximadamente de la década de los años sesenta, su uso original era de casa habitación de dos niveles, posteriormente fue cafetería de dos niveles y a partir del 2009 funciona como gimnasio de tres niveles, es un inmueble sin protección patrimonial.

En la Figura 5.29 se muestran las características del edificio, se observa que está compuesto por tres plantas.

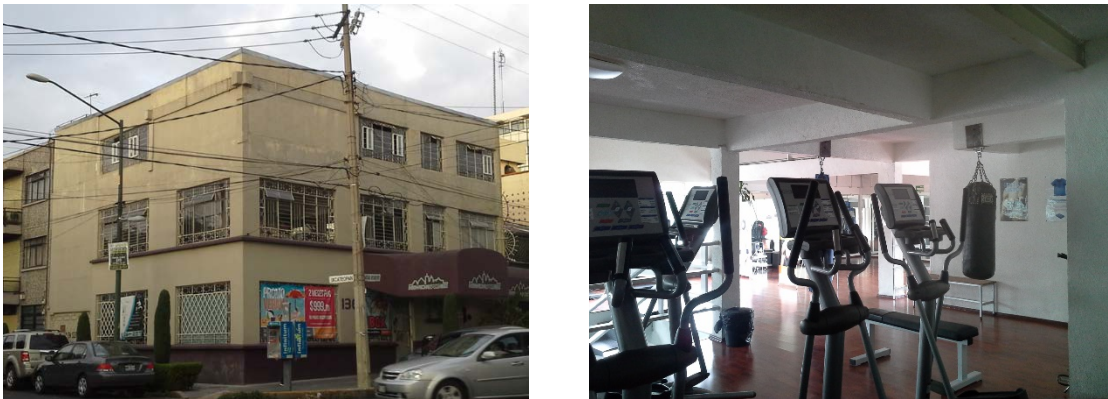


Figura 5.29 Fotos del exterior e interior del Gimnasio

En la Tabla 5.5 se exponen los datos relevantes del edificio para entender sus características.

Tabla 5.5  
*Datos generales del Gimnasio*

| <b>Concepto</b>                              | <b>Descripción</b>  |
|--|---|
| Tipo de uso                                  | Actualmente es gimnasio, antes fue cafetería y casa habitación.   |
| Ubicación                                    | Calle Matías Romero, #1361, Col. Letrán Valle, Deleg. Benito Juárez, D.F., México<br>Latitud 19°22'44.6"N, Longitud 99°09'27.9"W  |
| Inicio y fin de construcción                 | Estimado en la década de los años sesenta.  |
| Proyectista y constructor                    | Se desconoce.   |
| Reglamento vigente en el año de construcción | 1920 a 1957   |
| Superficie del terreno                       | 173 m <sup>2</sup> aproximadamente  |
| Superficie construida                        | 519 m <sup>2</sup> aproximadamente  |
| Altura sobre el nivel de banqueta            | 10 m aproximadamente  |
| Niveles construidos                          | 3   |
| Características del terreno                  | Terreno plano, en zona II de transición   |
| Actividad sísmica                            | Alta actividad sísmica en 1957 hubo un sismo de 7.7 grados Richter y el 1985 el terremoto fue de 8.1 grados Richter.  |
| Estructura vertical y horizontal             | Muros de carga de tabique rojo recocido<br>Muros divisorios de panel mixto panel yeso y tablamiento<br>Columnas y trabes de concreto de dimensiones variables<br>Losas de concreto armado de 15 cms de espesor aproximadamente.<br>La cubierta es de lámina galvanizada similar a la TR-101 |
| Clasificación patrimonial                    | Sin protección patrimonial  |
| Rehabilitaciones y remodelaciones            | En el 2009 se realizó la remodelación de los dos niveles para gimnasio y el tercer nivel (antes azotea) fue cerrado con muros de tablamiento y cubierta de lámina similar a la TR-101   |

### 5.3.1. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento básico.

En la elaboración del estudio patológico del Gimnasio, la etapa de conocimiento básico conservo el 67% de cumplimiento de objetivos al 100%, y el 33% de los procesos con cumplimiento al 50%, los motivos del 33% calificado con cumplimiento al 50% coincidieron con los detectados en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos.

#### *5.3.1.1. Resultados y evaluación del proceso de anamnesis.*

El objetivo se cumplió al 50%, consiguiendo lo siguiente: i) se establecieron de manera general los sistemas constructivos por medio de la inspección visual, ii) se identificaron los trabajos de remodelación a través de testimonios, iii) se determinó que es un edificio sin elementos de valor artístico e histórico, iv) fue registrado que no existen planos ni documentos que formen parte del amnesis, v) los planos que se utilizaron y presentan en el informe de diagnóstico fueron realizados por la responsable del estudio patológico.

Las aportaciones identificadas en el proceso de anamnesis, se mantienen con valor de nivel medio.

#### *5.3.1.2. Resultados y evaluación del proceso de identificación de lesiones y patrones patológicos.*

El objetivo conservo el 100% de cumplimiento. Fue confirmado que la inspección visual iniciando de arriba hacia abajo, terminando con fachadas, establece orden en la relación entre los diferentes procesos patológicos que posteriormente en procesos de la etapa de diagnóstico se analizan.

La aportación del proceso identificación de lesiones y patrones patológicos se calificó de nivel alto; debido a que se desarrolló simbología para la señalización de síntomas en la elaboración de mapeo de daños, estableciendo el punto de partida para estandarizar el trabajo de mapeo de daños, como sucede con la simbología en instalación eléctrica, hidráulica, etc.

En la figura 5.30 se observa la simbología a manera de bloques lo que reduce tiempo en la ejecución de planos, con la expectativa de obtener identificación ágil de lesiones por

parte de quien lea la información, al ser simbología repetitiva en diferentes casos de estudios.

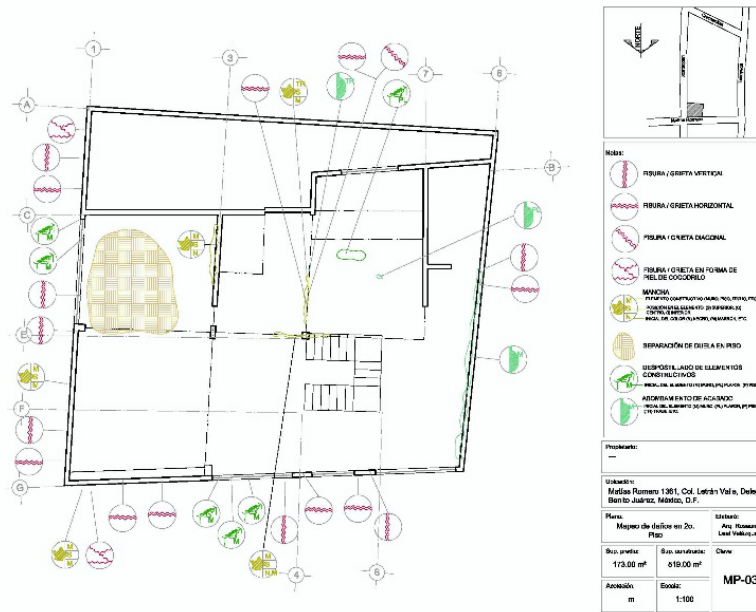


Figura 5.30 Mapeo de daños de Gimnasio

### 5.3.1.3. Resultados y evaluación del proceso de planteamiento de hipótesis.

El objetivo conservo el 100% de cumplimiento, de la misma manera la aportación del proceso de planteamiento de hipótesis se mantuvo como nivel alto.

En el caso del Gimnasio se establecieron veinticuatro hipótesis de diez procesos patológicos identificados; dato relevantes es que los procesos patológicos identificados pertenecen a los cambios efectuados por la remodelación para uso de gimnasio.

### 5.3.2. Resultados y evaluación de la etapa de conocimiento profundo.

En el caso de estudio del Gimnasio al igual que en el Liceo Metropolitano para Adultos, por causas de disponibilidad de recursos, tiempo y especialistas, se omitieron dos procesos.

A diferencia del caso del Liceo Metropolitano para Adultos, en el estudio del Gimnasio los dos procesos ejecutados: i) selección de lesiones y áreas a estudiar, y ii) planeación de estudios especializados; se cumplieron al 100%.

#### 5.3.2.1. *Resultados y evaluación del proceso de selección de lesiones y áreas a estudiar.*

El objetivo se mantuvo con el 100% de cumplimiento.

Durante el proceso de selección de lesiones y áreas a estudiar en el caso del Gimnasio se elaboró planos adicionales al de mapeo indicando el requerimiento de pruebas de alcalinidad y de radiación solar.

La evaluación de la aportación se conservó como nivel bajo.

#### 5.3.2.2. *Resultados y evaluación del proceso planeación de estudios especializados.*

El objetivo se mantuvo con 100% de cumplimiento. Fueron considerados dos tipos de estudios especializados: i) estudio de diferencia de temperatura y radiación en el segundo piso en caras interiores y exteriores de las fachadas oriente y norte, además de mediciones en cubierta, con la finalidad de probar que la intensidad de energía calorífica absorbida en los materiales constructivos generan dilataciones que provocan fisuramiento en elementos constructivos; ii) estudio de alcalinidad (pH) en materiales en la trabe de segundo piso en eje 4 entre C- E y en el muro de planta baja en eje B, que ayude a comprobar la presencia de sales en los muros con desprendimiento de acabado final.

La valoración de la aportación se conservó como nivel alto.

#### 5.3.2.3. *Resultados y evaluación del proceso ejecución de estudios especializados.*

El objetivo del proceso de estudios especializados fue evaluado con 0% de cumplimiento debido a la falta de disponibilidad de: i) recursos, ii) tiempo y iii) de especialistas para la aplicación e interpretación de pruebas.

Las aportaciones se conservan como expectativas de asertividad en el diagnóstico de procesos patológicos y de la recomendación de tratamientos.

#### *5.3.2.4. Resultados y evaluación del proceso revisión de hipótesis.*

El objetivo del proceso ejecución de estudios especializados no se cumplió debido a la falta de disponibilidad de: i) recursos, ii) tiempo y iii) de especialistas para la aplicación e interpretación de pruebas.

Las aportaciones se conservan como expectativas de asertividad en el diagnóstico de procesos patológicos y de la recomendación de tratamientos.

#### *5.3.3. Resultados y evaluación de la etapa de diagnóstico.*

La etapa de diagnóstico del método para la elaboración de estudios patológicos cumplió con el 67% de sus procesos al 100%, el 33% de los objetivos restantes se cumplieron al 50%.

A continuación se presentan los resultados y evaluaciones específicos de los procesos de: i) comprobación de hipótesis, ii) determinación de la gravedad de los procesos patológicos, y iii) redacción de informe de diagnóstico.

##### *5.3.3.1. Resultados y evaluación del proceso comprobación de hipótesis.*

El objetivo del proceso comprobación de hipótesis se cumplió a 50%.

En el caso del Gimnasio se optó por la comprobación a partir de: i) casos similares, ii) publicaciones relacionadas a la hipótesis planteada y a los sistemas constructivos aplicados en el edificio caso de estudio; sin embargo, para confirmar una de las hipótesis era indispensable realizar el estudio de radiación que pertenece a uno de los procesos de la etapa de conocimiento profundo no realizados.


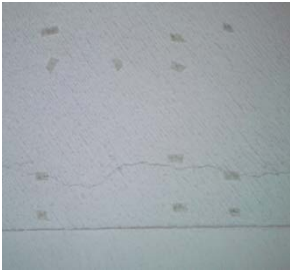

La aportación mantiene su calificación como nivel medio.



En la tabla 5.6 se presentan a manera de lista cada proceso patológico identificado, junto con fotos de síntomas.

Tabla 5.6

*Procesos patológicos del caso de estudio del Gimnasio*

| No. | Proceso patológico   | Foto del síntoma  |
|-----|--|---|
| 1   | Fisuras con anchas marrón en trabe de eje 4 entre C-E, tercer nivel                                      |   |
| 2   | Grieta en trabe en eje G entre 1-3, tercer nivel   |   |
| 3   | Fisuras y grietas en uniones del sistema constructivo de panel yeso y tablacemento con bastidor metálico |  |

- 4 Fisuras con forma de craquelado ortogonal en recubrimiento de panel tablacemento



- 5 Filtraciones en cubierta



- 6 Humedad por filtración en el muro del eje 8 entre C-E del tercer nivel



- 7 Humedad por capilaridad en muro de eje B entre 4-5 de planta baja



- 8 Humedad por filtración en trabe de eje 7  
entre B-D, planta baja



- 9 Despostillado en boquillas a causa de  
filtraciones



- 10 Falta de adherencia en pintura de fachada



### 5.3.3.2. Resultados y evaluación del proceso determinación de la gravedad de los procesos patológicos.

El objetivo se mantuvo en 100% de cumplimiento.

La aportación del proceso determinación de la gravedad de los procesos patológicos se conservó como nivel alto.

En el caso del Gimnasio se identificaron diez procesos patológicos; el 50% de los procesos patológicos fueron valorados con gravedad media - alta, con la recomendación de que sean atendidos antes de un año para evitar que continúe la degradación de materiales; 25% de los procesos se clasificaron en gravedad media, con sugerencia de atención antes de dos años; el restante 25% de los procesos se valoran de gravedad baja

con un periodo máximo recomendado para que sean atendidos de cinco años. En la tabla 5.7 Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Gimnasio, se presenta el tipo de cada uno de los procesos patológicos identificados, esta información es parte de la explicación de los procesos patológicos del informe de diagnóstico.

Con base a la tabla 5.7 es viable dividir tres grupos de trabajos que se conviertan en tres presupuestos o programas de intervención que se pueden llevar a cabo en diferentes periodos.

Tabla 5.7  
*Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Gimnasio*

| No. | Proceso patológico   | Gravedad     | Tiempo de atención |
|-----|--|--------------|--------------------|
| 1   | Fisuras y grietas en uniones del sistema constructivo de panel yeso y tablacemento con bastidor metálico | Media - Alta | Antes de 1 año     |
| 2   | Humedad por capilaridad en muro de eje B entre 4-5 de planta baja  | Media - Alta | Antes de 1 año     |
| 3   | Falta de adherencia en pintura de fachada  | Media - Alta | Antes de 1 año     |
| 4   | Filtraciones en cubierta   | Media - Alta | Antes de 1 año     |
| 5   | Humedad por filtración en trabe de eje 7 entre B-D, planta baja  | Media - Alta | Antes de 1 año     |
| 6   | Fisuras con forma de craquelado ortogonal en recubrimiento de panel tablacemento                         | Media        | Antes de 2 años    |
| 7   | Humedad por filtración en el muro del eje 8 entre C-E del tercer nivel                                   | Media        | Antes de 2 años    |
| 8   | Grieta en trabe en eje G entre 1-3, tercer nivel   | Baja         | Antes de 5 años    |
| 9   | Despostillado en boquillas a causa de filtraciones   |              |                    |
| 10  | Fisuras con manchas marrón en trabe de eje 4 entre C-E, tercer nivel                                     | Baja         | Antes de 5 años    |

### *5.3.3.3. Resultados y evaluación del proceso redacción de informe de diagnóstico.*

El objetivo se mantuvo con el 100% cumplido; la aportación del proceso de redacción de informe fue evaluada con nivel bajo.

#### 5.3.4. Resultados y evaluación de la etapa de recomendación de tratamiento.

La etapa de recomendación de tratamiento del método para la elaboración de estudios patológicos cumplió con el 100% de los objetivos de los procesos, considerando un nivel de aportación de nivel bajo.

A continuación se presentan los resultados y evaluaciones específicos de los dos procesos que integran la etapa de recomendación de tratamiento.

##### 5.3.4.1. Resultados y evaluación del proceso de definición del tipo de intervención.

El objetivo del proceso de definición del tipo de intervención se cumplió al 100%, la evaluación de la aportación del proceso se mantuvo en nivel bajo.

En el caso del Gimnasio, la definición del tipo de intervención se basó en el plan de respuesta elaborado en el proceso de determinación de la gravedad de los procesos patológicos, como resultado se tiene que: i) el 80% de los procesos patológicos requieren de reparación, ii) el 10% de las intervenciones son reforzamiento y reparación, y iii) el restante 10% de los procesos patológicos se recomienda rehabilitar; en la tabla 5.8 se muestra el tipo de intervención recomendada para cada proceso patológico hallado.

Tabla 5.8  
*Tipos de intervención recomendados en el caso del Gimnasio*

| No. | Proceso patológico   | Tipo de intervención       |
|-----|--|----------------------------|
| 1   | Fisuras y grietas en uniones del sistema constructivo de panel yeso y tablacemento con bastidor metálico | Reparación                 |
| 2   | Humedad por capilaridad en muro de eje B entre 4-5 de planta baja  | Reforzamiento y reparación |
| 3   | Falta de adherencia en pintura de fachada  | Reparación                 |
| 4   | Filtraciones en cubierta   | Reparación                 |
| 5   | Humedad por filtración en trabe de eje 7 entre B-D, planta baja  | Reparación                 |
| 6   | Fisuras con forma de craquelado ortogonal en recubrimiento de panel tablacemento                         | Reparación                 |
| 7   | Humedad por filtración en el muro del eje 8 entre C-E del tercer nivel                                   | Reparación                 |
| 8   | Grieta en trabe en eje G entre 1-3, tercer nivel   | Rehabilitación             |
| 9   | Despostillado en boquillas a causa de filtraciones   | Reparación                 |

|    |  |            |
|----|--|------------|
| 10 | Fisuras con manchas marrón en trabe de eje 4 entre C-E, tercer nivel | Reparación |
|----|--|------------|

#### 5.3.4.2. Resultados y evaluación del proceso de determinación del tratamiento.

El objetivo del proceso de determinación del tratamiento se mantuvo en 100% de cumplimiento; la aportación del proceso fue evaluada con nivel bajo.

#### 5.3.5. Lecciones aprendidas de causas y patrones patológicos.

El siguiente listado son las lecciones aprendidas a través de la ejecución del caso de estudio del Gimnasio.

- i. El diseño e instalación de cubiertas con láminas requieren de una pendiente mínima del 10% y de la instalación de bota aguas, y accesorios para el desagüe de lluvia, en el caso de que sea menor las consecuencias son las existentes en la cubierta del Gimnasio: i) estancamiento de agua en el valle de las láminas, ii) deformación de las láminas, iii) aceleración del deterioro de acabado de láminas, y iv) filtraciones de agua de lluvia. En la figura 5.31 se muestra: i) el grado de deterioro de las láminas en un tiempo de vida de siete años, existen registro de proveedores de láminas que la vida útil de láminas galvanizadas en ambiente marino es de 10 años, ii) estancamiento de agua en láminas y canaleta de desagüe, iii) diseño inadecuado de bota aguas en fachada.



Figura 5.31 Lesiones en cubierta del Gimnasio

- ii. El 78% de las causas de las lesiones fueron indirectas y el 22% restante fue combinación de directas con indirectas. Las causas directas representaron la vulnerabilidad de los materiales, mientras que las causas indirectas fueron el detonante para que se iniciaran los procesos patológicos, el 44% de los procesos patológicos se debieron a causas de errores y omisiones en la ejecución de obra. En la tabla 5.9 Clasificación de causas de lesiones del Gimnasio, se muestran los diez procesos patológicos identificados con dieciocho causas raíces, de los cuales se cinco son causas directas y trece causas indirectas.

Tabla 5.9 Clasificación de causas de lesiones del Gimnasio

| No | Proceso Patológico   | Directa |          |         | Indirecta |             |                   |
|----|--|---------|----------|---------|-----------|-------------|-------------------|
|    |  | Física  | Mecánica | Química | Biológica | Diseño Obra | Uso Mantenimiento |
| 1  | Fisuras y grietas en uniones del sistema constructivo de panel yeso y tablacemento con bastidor metálico |         |          |         |           | Sí          | Sí                |
| 2  | Humedad por capilaridad en muro de eje B entre 4-5 de planta baja  | Sí      |          |         |           | Sí          | Sí                |
| 3  | Falta de adherencia en pintura de fachada  |         |          |         |           |             | Sí                |
| 4  | Filtraciones en cubierta   |         |          |         |           | Si          | Sí                |
| 5  | Humedad por filtración en trabe de eje 7 entre B-D, planta baja  |         |          |         |           |             | Sí                |
| 6  | Fisuras con forma de craquelado ortogonal en recubrimiento de panel tablacemento                         | Sí      |          |         |           |             | Sí                |
| 7  | Humedad por filtración en el muro del eje 8 entre C-E del tercer nivel                                   | Sí      |          |         |           | Sí          |                   |
| 8  | Grieta en trabe en eje G entre 1-3, tercer nivel   | Sí      |          |         |           | Sí          |                   |
| 9  | Despostillado en boquillas a causa de filtraciones   |         |          |         |           |             | Sí                |

|    |  |   |   |    |   |    |   |    |   |
|----|--|---|---|----|---|----|---|----|---|
| 10 | Fisuras con manchas marrón en trabe de eje 4 entre C-E, tercer nivel |   |   | Sí |   | Sí |   |    |   |
|    | Cantidad de causas específicas                                       | 4 | 0 | 1  | 0 | 5  | 8 | 0  | 0 |
|    | Cantidad de causas directas e indirectas                             |   |   | 5  |   |    |   | 13 |   |

- iii. En el testimonio obtenido durante el proceso de anamnesis se indicó que: “al inicio de los trabajos de obra fue contratado un arquitecto, quien no atendió la obra, por lo que el contratante, sin conocimiento de construcción, absorbió la responsabilidad de supervisión de obra, confiando en la experiencia del equipo de trabajo de obra que ya estaba formado; existía una fecha de llegada de equipos e inauguración, por lo que debía terminar en tiempo”; esta anécdota confirma que la falta de supervisión y control de trabajos durante la obra, así como la capacitación de todo el personal de obra acerca de materiales y procesos constructivos, son básicos para evitar vicios ocultos, gastos innecesarios por reparaciones posteriores a causa de errores en prácticas de obra.
- iv. En todo proyecto se debe considerar en conjunto desde el diseño: i) los requerimientos de uso de los espacios, ii) las condiciones ambientales en la zona de ubicación del inmueble, y iii) las propiedades de los materiales a utilizar. En el caso del gimnasio el uso de la planta del tercer nivel genera altas temperaturas debido a que: i) las personas que utilizan el espacio realizan ejercicio de alto impacto, ii) aunque la Ciudad de México, donde está ubicado el Gimnasio, tiende a temperaturas templadas, el espacio está directamente en contacto con la cubierta, y fachadas, por último iii) el material de la cubierta elegido fue lámina galvanizada, la medición con cámara termográfica alrededor de las 12:30 pm del 17 de febrero del 2016 por la cara interior de lámina fue de 47°C, los muros mixtos de panel de yeso y tablamiento que tampoco tienen material aislante mostraron una mayor transferencia de temperaturas que materiales de tabique y concreto. Las tres últimas características expuestas son causa de dilatación de materiales y falta de confort para los usuarios.
- v. Es importante instalar materiales elásticos en juntas constructivas, en el caso del Gimnasio se observó que la existencia de fisuras en juntas constructivas de diferentes materiales siempre estuvo acompañada de la falta de un material que absorbiera el comportamiento diferente de materiales ante cambios de temperatura, un ejemplo se muestra en la tabla 5.9



## Conclusiones

La evaluación del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas ha permitido la reflexión de las siguientes conclusiones:

*A. El objetivo de la investigación se cumplió.*

La lectura de alrededor de diecisiete publicaciones de como los especialistas realizan los estudios patológicos permitió la comparativa de diferentes puntos de vista; por lo tanto el diseño del método se basó en: i) los pasos del método científico, ii) en las características más importantes de los métodos desarrollados por los especialistas consultados, iii) la integración de técnicas y procesos de otras áreas como la administración de proyectos que facilitarían el trabajo de desarrollo de estudios patológicos de quienes no son especialistas en patología; y por último iv) se sumó al nuevo método la identificación y clasificación de causas para su posterior análisis y convertirlas en lecciones aprendidas.

Una vez que el método fue definido se puso en práctica en dos casos de estudio que fueron: el Liceo Metropolitano para Adultos y el Gimnasio; en ambos casos se obtuvo: i) diagnósticos de lesiones, ii) la identificación y clasificación de causas, y iii) a manera de conclusiones las lecciones aprendidas.

Es por ello que se afirma que el objetivo de crear un método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas que sea funcional para todo tipo de edificio se cumplió en esta investigación; cabe aclarar que el nuevo método para desarrollar estudios patológicos es susceptible de mejoras y para ello se requiere su práctica y continua evaluación como lo indica uno de los dieciocho procesos que integran el nuevo método.

*B. La hipótesis de viabilidad de utilizar un solo método para elaborar estudios patológicos independientemente de las características de los edificios se comprobó.*

Para comprobar la hipótesis se realizaron dos casos de estudio, el primero fue el Liceo Metropolitano para Adultos, construido en 1938 en Santiago, Chile; el segundo fue un edificio que actualmente funciona como gimnasio ubicado en la Ciudad de México, su construcción original data entre 1950 a 1960, la remodelación que le da la función de gimnasio fue realizada en el 2006.

En ambos casos se ejecutaron los mismos procesos indicados en el nuevo método, existiendo mejoras en el uso de técnicas y formatos entre el ejercicio del Liceo Metropolitano y el Gimnasio, sin existir la necesidad de quitar, integrar o cambiar el orden de procesos; por lo tanto, se señala que la hipótesis de que es viable que el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas sea útil para edificios de cualquier uso, edad y ubicación geográfica, el cual entregue resultados para: diagnósticos, recomendaciones de tratamientos, y “aprendizaje para mejorar procesos de diseño y obra”, ha sido comprobada con los resultados de esta investigación, sin embargo, por cuestiones estadística es discutible y conveniente que se hubieran realizado la cantidad de casos representativa en una población definida lo cual hubiera arrojado una cantidad mayor a dos casos de estudio<sup>41</sup>, lo que no es viable en dos años de estudio de maestría, así que desde una perspectiva rigurosa de la estadística se puede señalar que la hipótesis mencionada en este párrafo visualiza que la hipótesis tiende a ser comprobada.

*C. La hipótesis de utilizar el proceso de lecciones aprendidas para formar estadísticas de causas de lesiones tiende a su comprobación.*

En la identificación y clasificación de causas directas e indirectas de ambos casos de estudio las causas indirectas equivalen a dos terceras partes de todas las causas encontradas; en el Liceo Metropolitano para Adultos las causas indirectas fue el 69% y causas directas el 31%, en el caso del Gimnasio las causas indirectas fue el 72% y las causas directas el 28%.

Por lo tanto, lo identificado por especialista en patología referente a que el mayor porcentaje de causas se deben a cuestiones antropogénicas se cumplió en los dos casos de estudio realizados en esta investigación a través de los proceso para convertir causas en lecciones aprendidas. Es importante mencionar que para que se desarrollen las lesiones es necesario que exista la combinación de causas directas e indirectas.

---

<sup>41</sup> Utilizando “la calculadora de cantidad del tamaño de muestras” de la página web: <http://www.netquest.com/es/panel/calculadora-muestras.html> se obtuvo un resultado de muestra de 80 casos de estudio con la suposición de una población de 100 edificios (2 edificios por 5 diferentes usos, en 5 países diferentes, además de considerar que sean catalogados como patrimonio y no catalogados) con un margen de error del 5% y nivel de confianza del 95%,

Por último, si se establece la ley de Pareto para determinar una táctica para la eliminación de lesiones en edificios, la táctica debería estar enfocada a la corrección de las causas indirectas más comunes.

*D. El método para la elaboración de estudios patológicos es conveniente para ingenieros y arquitectos que inician sus estudios en la patología de la construcción.*

La decisión de considerar los puntos de vistas de diferentes autores en la elaboración de estudios patológicos para generar un método propio para desarrollar estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas fue en sí una práctica de lecciones aprendidas; donde parte de la experiencia de especialistas como el Dr. Juan Monjo Carrió<sup>42</sup> y el Dr. Francisco Fiol Olivan<sup>43</sup> es transferida a profesionistas que se inician en la patología de la construcción a través de la práctica de cada proceso que forma el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

Los dos casos de estudio fueron realizados correctamente por alguien que tiene la licenciatura en arquitectura sin la especialidad o maestría en patología en la construcción, por lo tanto se concluye que el nuevo método permite que los arquitectos o ingenieros interesados en el diagnóstico de procesos patológicos en construcciones generen estudios sin estar obligados a ser especialista en patología, sin embargo, es indispensable que posean conocimientos para reconocer sistemas constructivos y materiales, lo cual se adquiere después de haber estudiado una licenciatura en arquitectura o ingeniería y haber ejercido el diseño y construcción de diseño por lo menos un par de años en cada área.

*E. Los dos casos de estudio generaron aprendizaje acerca de la importancia de comprender las propiedades de materiales para los procesos de diseño, construcción,*

---

<sup>42</sup> El Dr. Juan Monjo Carrió en la presentación de su libro “Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos”, fechada en 1994, menciona que después de siete años impartiendo la materia de Construcción decidió publicar los temas de la clase y que el libro está dirigido a alumnos y a profesionales como “texto de consulta”; textualmente escribe: “...aunque el trabajo está desarrollado en forma de consulta – diagnóstico – solución, como si de un manual médico se tratara, no me gustaría que se quedase en esto, sino que se aprendieran de él los criterios básicos para enfrentar un problema patológico y su reparación. Y eso tanto para alumnos como para profesionales”

<sup>43</sup> El Dr. Francisco Fiol Olivan es un experto en cálculo y control de calidad del concreto, con experiencia de más de 20 años, autor de los libros: “Manual de patología y rehabilitación de edificios”, “Acciones en la edificación” y “Manual de cimentaciones”.

*uso y mantenimiento de edificios.*

Las prácticas del Liceo Metropolitano para Adultos y del Gimnasio comprobaron que analizar procesos patológicos en casos reales genera mayor conocimiento y conciencia acerca de la importancia de entender las propiedades físicas y químicas de los materiales ante las condiciones ambientales y antropogénicas a las que pueden estar expuestos, por ejemplo:

- En el caso del Liceo Metropolitano el análisis de la humedad en losas de concreto y su relación con la selección de impermeabilización en la terraza, generó las siguientes reflexiones: i) es necesario considerar la cantidad de radiación solar para determinar la duración de una emulsión como impermeabilizante y que todo material tiene un desgaste; ii) entender que el concreto es un material por naturaleza poroso, así que si en nuevos proyectos se consideran los estudios sobre la relación correcta de agua-cemento junto con el uso de puzolanas es viable minimizar la porosidad en dicho material, lo que sería una contribución en el ahorro en costos de mantenimiento de impermeabilización.
- En el caso del gimnasio, el análisis de causas de las goteras en la cubierta del tercer piso, confirmó: i) aunque los materiales como las láminas galvanizadas son fabricados bajo controles de calidad y existan manuales de instalación, no es suficiente para que cumplan correctamente con su función; es necesario que quienes estén encargados del diseño e instalación de materiales sean capacitados para la aplicación de los materiales; las causas detectadas en las goteras indican que la cubierta de lámina galvanizada se colocó con una pendiente menor del 1%, con zonas donde la estructura metálica de PTR que soporta la cubierta generó la acumulación de agua; por lo tanto la acumulación de agua durante los seis periodos de lluvias de los últimos años fue un incremento de peso seguramente no calculado por el fabricante de las láminas, además la acumulación de agua sobre las láminas combinada con la radiación solar aceleró el proceso de desgaste de la capa de galvanizado de las láminas; ii) se observó que debido a las goteras que aparecieron cada año en época de lluvia se optó por trabajos de mantenimiento con el reforzamiento de las uniones de las láminas con malla, sin embargo, esa solución ha sido solo un paliativo, por que la solución definitiva es corregir las causas raíces que consiste en: desmontar las láminas,

hacer reparaciones en la estructura para generar el porcentaje de pendiente de al menos 10% y volver a instalar laminas.

*F. Realizar estudios patológicos con el método creado en esta investigación contribuye al aprendizaje de lo que no se debe hacer y porqué cuando se diseña y construye.*

La clasificación de causas de los procesos patológicos en el caso del Liceo Metropolitano y en el Gimnasio como se mencionó anteriormente son causas indirectas, de manera específica:

- i) Omisiones y/o selección incorrecta de materiales y sistemas constructivos.
- ii) Falta de información de requerimiento de proyecto y de condiciones ambientales.
- iii) Errores u omisión de cumplimiento de especificaciones y buenas prácticas en la obra.
- iv) Uso inadecuado de los espacios.

Por lo tanto, encontrar las causas de las lesiones en los edificios a través del diagnóstico de procesos patológicos dirigido al aprendizaje apoyado con el método científico genera datos y manejo de información de manera objetiva; la descripción de las causas de los procesos patológicos con base a casos reales indica porque y como se cometen las fallas en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de los edificios para convertir dicha descripción de causas en experiencia que aporte conocimiento a: i) los alumnos de arquitectura e ingeniería para que comprendan la importancia de conocer las propiedades de los materiales, hacer levantamientos de requerimientos adecuados, y entender la normatividad de procesos constructivos para una correcta supervisión de obra; esta idea está totalmente acorde a lo mencionado en el capítulo I de este documento que señala que en 1856 el presidente del Instituto Británico de ingeniería señaló que los accidentes en construcciones y sus reparaciones debían ser “recopilados, analizados y divulgados” por qué serían más útiles, instructivos y valiosos para los alumnos y profesionales que la publicación de los proyectos exitosos; ii) por lo general los manuales y objetivos de capacitación de aplicación y manejo de materiales de construcción se basan en describir la manera adecuada; la patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas parte de la idea de mostrar las reacciones y cómo reaccionan los materiales en condiciones no adecuadas, esto es los procesos

patológicos que resultan de procesos patológicos son complemento en el conocimiento en el diseño y manejo de materiales de construcción.

*G. Los edificios lesionados se convierten en laboratorios de calidad de materiales.*

En el diseño, fabricación y aplicación de materiales de construcción se realizan pruebas de calidad que someten a los materiales a esfuerzos mecánicos y de durabilidad, algunos ejemplos son: i) pruebas de compresión, ii) de flexión, iii) abrasión, y iv) de deterioro en cámara de envejecimiento; todas estas pruebas se realizan en un medio controlado; algo similar se realiza con simuladores en computadoras. Así que un complemento a los resultados de pruebas de laboratorios es entender que sucede en situaciones reales cuando el edificio reacciona con el medio ambiente y el uso que le dan sus habitantes.

Por ejemplo, la pintura que se botó en el Liceo Metropolitano para Adultos es un producto de fábrica ofrecido en el mercado como pintura impermeable que en su diseño y fabricación fue sometida a pruebas de adherencia, sin embargo, las condiciones de temperatura no adecuadas cuando fue aplicada en la fachada del Liceo, la falta de preparación de la superficie y la omisión de secado previo del muro, fueron causas suficiente para que la pintura no estuviera totalmente. Así que en el caso de que se registran circunstancias similares de manera concurrente, el fabricante tendría información suficiente para mejorar su producto.

*H. En la conservación de los inmuebles elaborar estudios patológicos es un medio para abatir costos.*

A partir de las siguientes ideas:

- i) “Un inmueble es una inversión para su propietario, por lo que conservar, mejorar y/o incrementar la vida útil de dicho inmueble es una táctica de incremento de beneficio económico para el propietario”.
- ii) “Los trabajos de intervención de procesos patológicos detectados a temprana edad son menos costos que procesos patológicos detectados con un deterioro avanzado, por lo tanto un estudio patológico es una táctica de ahorro”.

Se visualiza que conocer las causas origen de las lesiones en los edificios por medio de los estudios patológicos genera recomendaciones de tratamientos más efectivas para eliminar o mitigar el deterioro de los edificios, útiles para prevenir lesiones más graves y recomendar tratamientos enfocados a la mejora de las propiedades de los materiales de los edificios con la finalidad de alargar la vida residual de edificios en estado óptimo.

A manera de un supuesto: si a un edificio de uso habitacional en el que todos los departamentos fueran rentados se le practicara un estudio patológico que contribuyera a recomendar tratamientos para incrementar la vida residual del edificio en estado óptimo, económicamente se traduciría a prolongar la continuidad de la recepción de rentas de los departamentos, por lo tanto habría un beneficio económico para el o los propietarios.

Por otra parte, en el libro (Chávez Vega & Álvarez Rodríguez, 2008), se presenta el comentario realizado por Andrés Olivera Panera, en el que indica que:

- i) El “mantenimiento simple o habitual” tiene un costo aproximado del 2% al 5% con respecto al costo total de la edificación.
- ii) El mantenimiento medio dirigido a evitar deterioros más graves que los encontrados en el mantenimiento simple y que requiere de personal especializado, es del 10% al 15% del costo total de la edificación.
- iii) El mantenimiento de reparaciones complejas puede variar entre el 25% al 30% del costo del edificio.

Por lo tanto, la detección temprana en la evolución de procesos patológicos, permite abatir costos de mantenimiento, considerando lo dicho por Andrés Olivera Panera se tendrían ahorros hasta un 25% con respecto al costo del inmueble, al revisar los edificios utilizando el método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.

Por último, se debe aclarar que es importante que se considere el análisis costo – beneficio como un proceso adicional en el método creado en esta investigación para verificar que realmente los gastos de la elaboración de estudios patológicos y de trabajos de intervención para incrementar la vida residual de edificios en su conjunto son más bajos que el ingreso que existiría en el periodo de la vida residual de los posibles edificios.

*I. La patología de edificios desde el punto de vista sostenible.*

Partiendo de la definición de desarrollo sostenible descrita en el informe de la comisión Brundtland (UNESCO), que a continuación se menciona: “el desarrollo sostenible es el que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”; y de los cuatro puntos eje de la sostenibilidad: i) medio ambiente, ii) sociedad, iii) cultura, y iv) economía; se plantea lo siguiente:

- La patología de edificios con el enfoque de aprendizaje muestra la relación entre las propiedades de los materiales y el medio ambiente para un buen desempeño del servicio de los edificios, esto sucede cuando los involucrados en la industria de la construcción comprenden como el medio ambiente deteriora los materiales de construcción y viceversa, tomando acciones para mejorar el diseño de las propiedades de materiales para que resistan condiciones extremas de radiación solar, lluvia, viento, etc., produciendo que la vida útil o residual de los edificios se incremente.
- En el caso de estudio del Gimnasio de esta investigación se determinó la necesidad de medir la temperatura y radiación en fachadas, con la finalidad de comprender el craquelado en el acabado final y el fisuramiento en las juntas de los paneles de tablamento.
- En el caso del Liceo Metropolitano para Adultos, también de esta investigación, dejó a la vista que el uso de materiales de nueva tecnología como son pinturas impermeables requieren del conocimiento de su aplicación con respecto a las condiciones climatológicas, y de preparación de superficie.
- Con los dos ejemplos anteriores se demuestra que existe una relación estrecha entre el conocimiento de las propiedades de los materiales y del medio ambiente, y que entender dicha relación es viable por medio de la elaboración de estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas.
- La transferencia de conocimiento por medio de la patología de edificios beneficia a la sociedad; el cumulo de conocimiento que se obtiene al realizar estudios patológicos enfocados a las lecciones aprendidas cumple su objetivo de transferir experiencia cuando es difundido a profesionistas, técnicos y estudiantes con el fin de mejorar las prácticas de diseño, obra, y mantenimiento de inmuebles.



- Las mejores prácticas en los procesos de diseño, obra y mantenimiento, deben estar dirigidas a la mejora continua de calidad y por ende costo, lo cual beneficie a la sociedad representada en: i) dueños de edificios, ii) usuarios, y iii) en profesionistas relacionados a la industria de la construcción.
- Para docentes y estudiantes de profesiones relacionadas a la industria de la construcción la patología de edificios se convierte en una táctica de enseñanza del adecuado manejo de materiales de construcción.
- El método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas permite el diagnóstico y tratamiento de intervención para cualquier tipo y edad de edificio, por lo tanto, entender cómo se pueden mejorar las propiedades de materiales de edificios catalogados como patrimonio histórico y cultural aplicando la nueva tecnología en materiales contribuye a la conservación de dichos edificios; por otra parte, el registro de las causas de lesiones en edificios históricos permite documentar cómo a través de los años han evolucionado los sistemas constructivos.
- La patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas impacta en la economía de propietarios de inmuebles, esto es, partiendo de la ley de los cinco de Sitter (Yepes Piqueras, 2014), que dice: “un dólar gastado en la fase de diseño y construcción elimina costos de cinco dólares en mantenimiento preventivo, veinticinco en trabajos de reparación y ciento veinticinco en rehabilitación”; se deduce que entender porque se deterioran los materiales y de esta manera mejorar las buenas prácticas para el diseño y construcción de edificios estaría ahorrando cinco dólares en el mantenimiento preventivo por cada dólar invertido; mientras que el mantenimiento preventivo de los inmuebles de manera rutinaria en conjunto con el desarrollo de estudios patológicos, podrían evitar costos de hasta ciento veinticinco veces, ya que se evitarían los trabajos de mantenimiento correctivo y rehabilitaciones.

Por otra parte, entender la relación del medio ambiente con los materiales, permite desarrollar tecnología que mejore las propiedades de materiales, con lo cual propietarios y usuarios de edificios se vean beneficiados en: i) costos de mantenimiento, ii) aumento de eficiencia de inversión de los inmuebles al incrementar la vida útil y residual de los edificios, y iii) al haber nuevos materiales se incentiva el comercio de la industria de la construcción.

Por último, durante estos dos años de investigación se ha generado un nuevo método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas listo para ser difundido, practicado por ingenieros y arquitectos interesados en el diagnóstico de lesiones en edificios, docentes interesados en experimentar una estrategia pedagógica diferente a la que actualmente se utiliza, y/o para aquellos tecnólogos que mejoran y crean nuevos materiales tienen en la patología de edificios un medio de evaluación de requisitos de materiales en condiciones reales.

La evolución del método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas será a través de sus mejoras, integración de nuevos procesos complementarios y aplicación de tecnologías.

En cuanto a *La Patología de Edificios Enfocada a las Lecciones Aprendidas*, la investigación permitió visualizar la patología como un sistema, cuyo análisis en cada uno de sus elementos se convierte en líneas de investigación y que la patología de edificios potencializa su valor al ser considerada como un medio de conocimiento.

## Glosario

### C

**Calidad** Son las características de un producto o servicio, que cumplen con los requerimientos de diseño para su correcto funcionamiento.

### D

**Defecto** Es el error de manufactura en los materiales.

**Deterioro** Es la pérdida de propiedades originales de los materiales aplicados en los edificios.

**Durabilidad** Es la capacidad que tienen los materiales para resistir los efectos de la naturaleza y condiciones antropogénicas, con referencia al tiempo.

### F

**Falla** Es la deformación o rompimiento de un elemento constructivo por exceso de esfuerzo.

**Fisura** Es la abertura lineal en los materiales menor de 1mm de separación.

### G

**Grieta** Es la abertura lineal en los materiales a partir de 1mm de separación.

### L

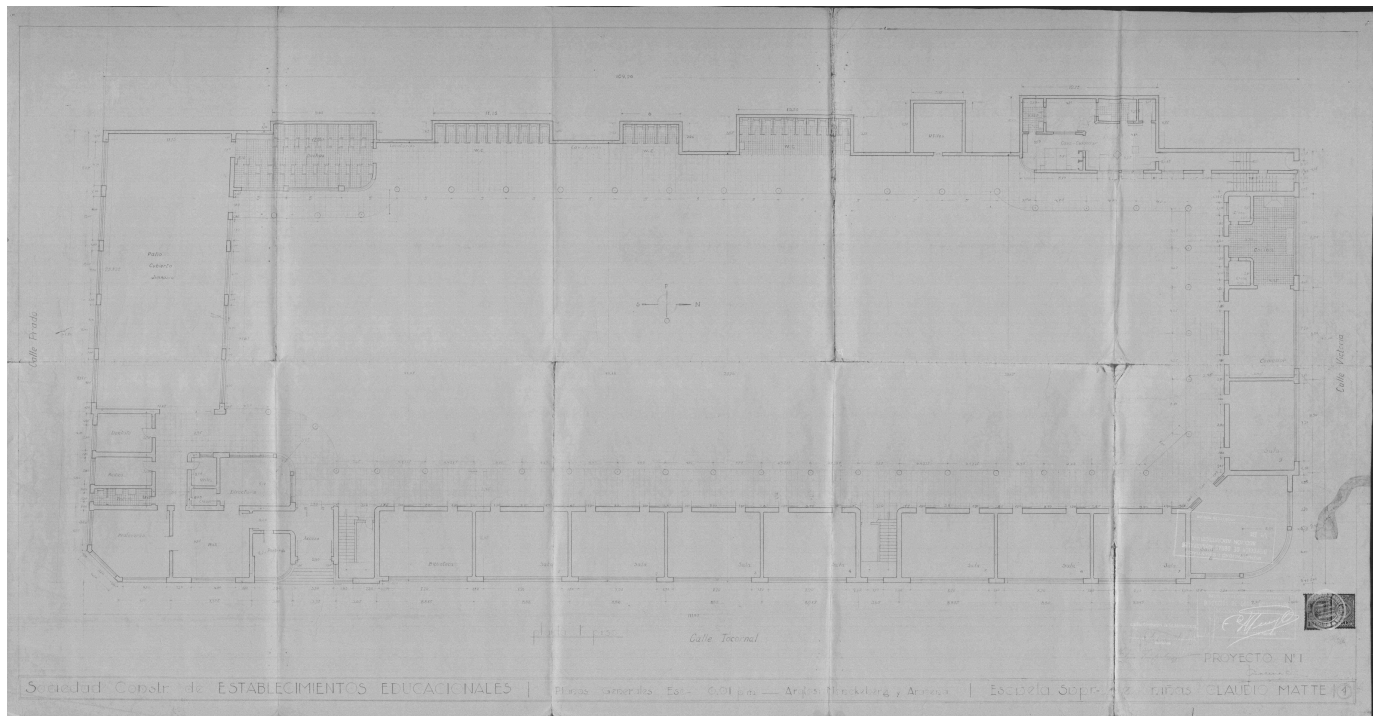
**Lesión** Es la pérdida de propiedades del material o sistema constructiva para funcionar conforme a lo requerido en el diseño; las lesiones se identifican por los síntomas.

Las fallas y daños son lesiones.

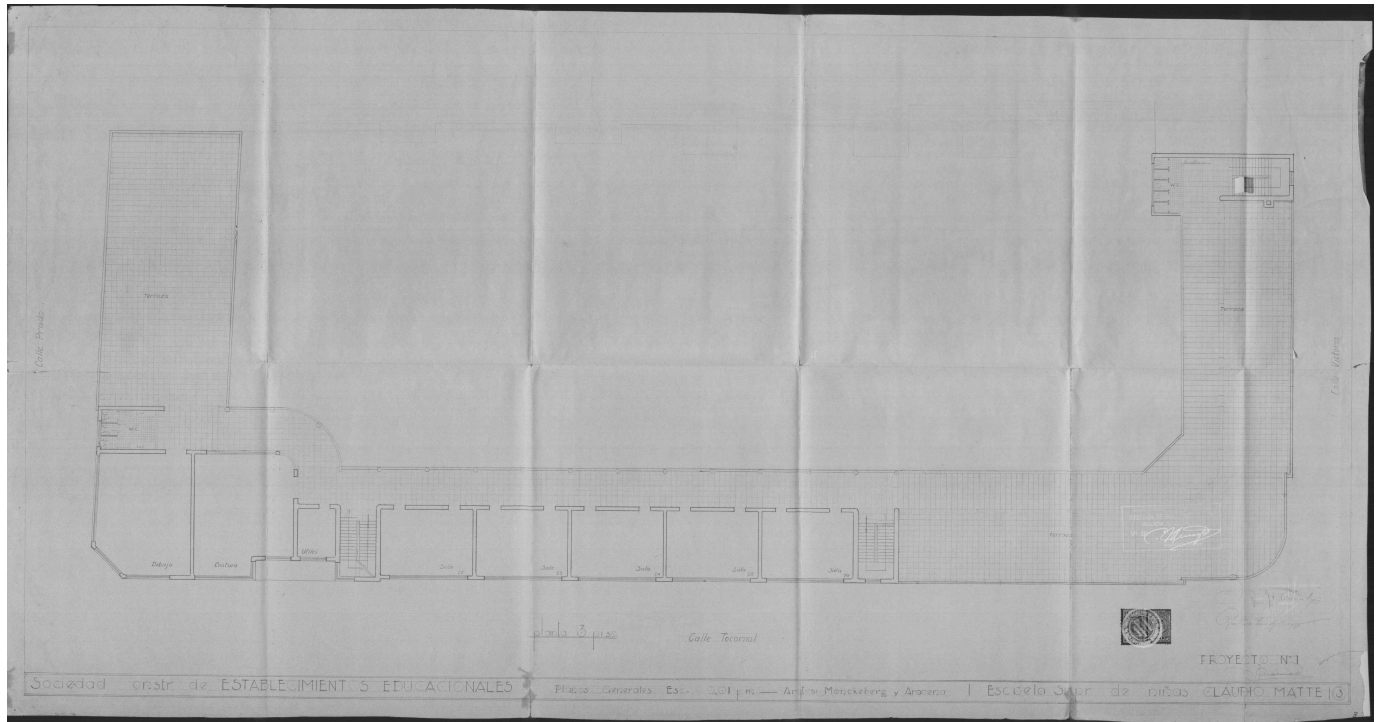
## **Anexo A**

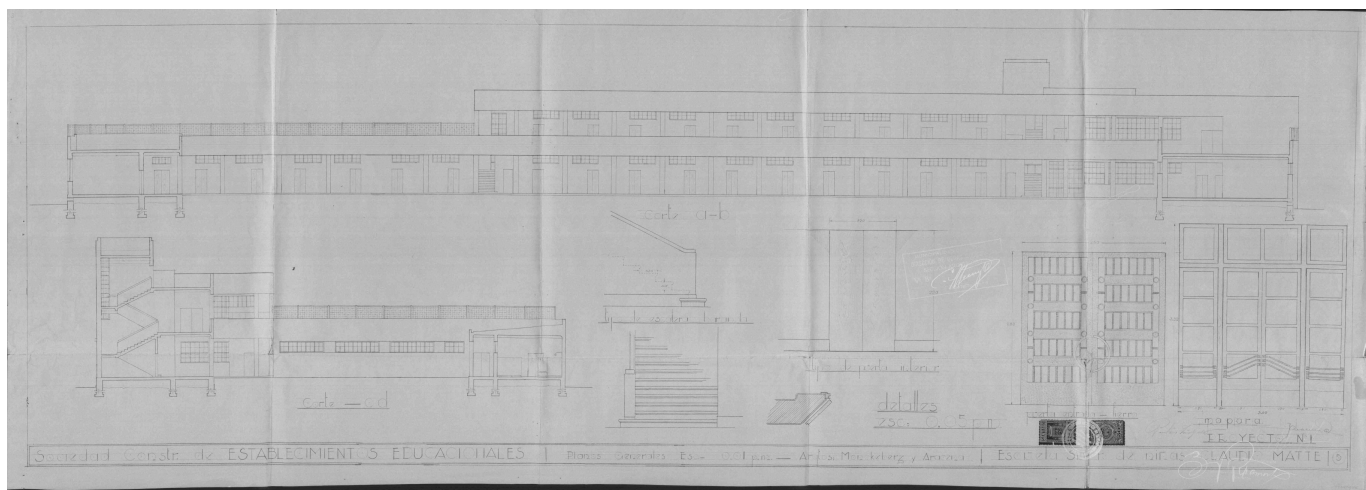
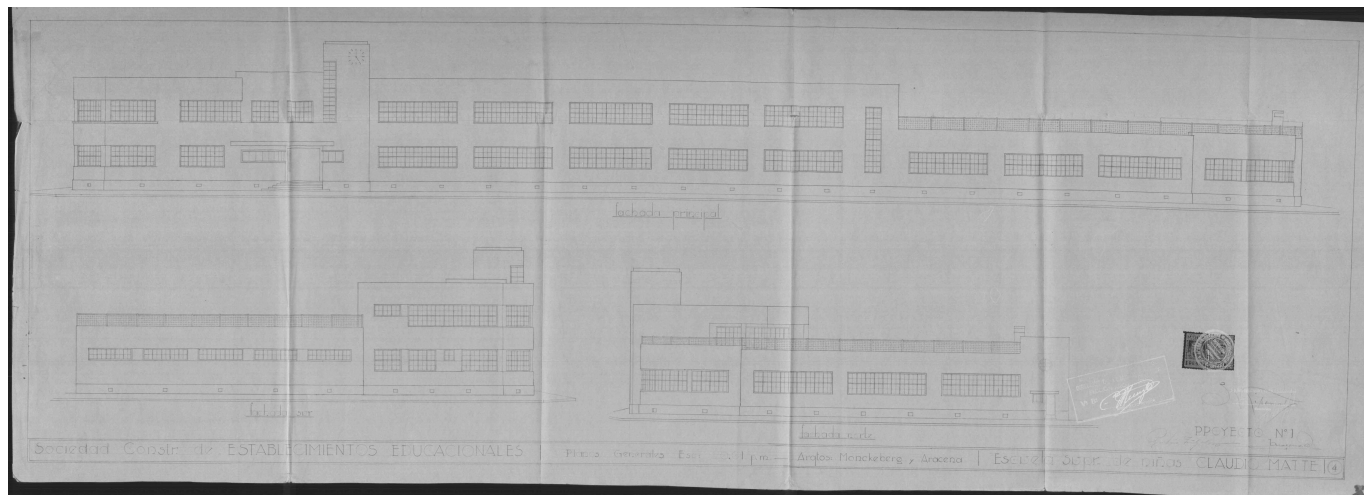
**En este anexo se presentan: a) los planos arquitectónicos y estructurales del caso del Liceo Metropolitano para Adultos y b) los formatos diseñados y resueltos en los casos de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos y del Gimnasio, referidos en el capítulo 5.**

**Planos arquitectónicos y estructurales  
del caso del Liceo Metropolitano para  
Adultos.**

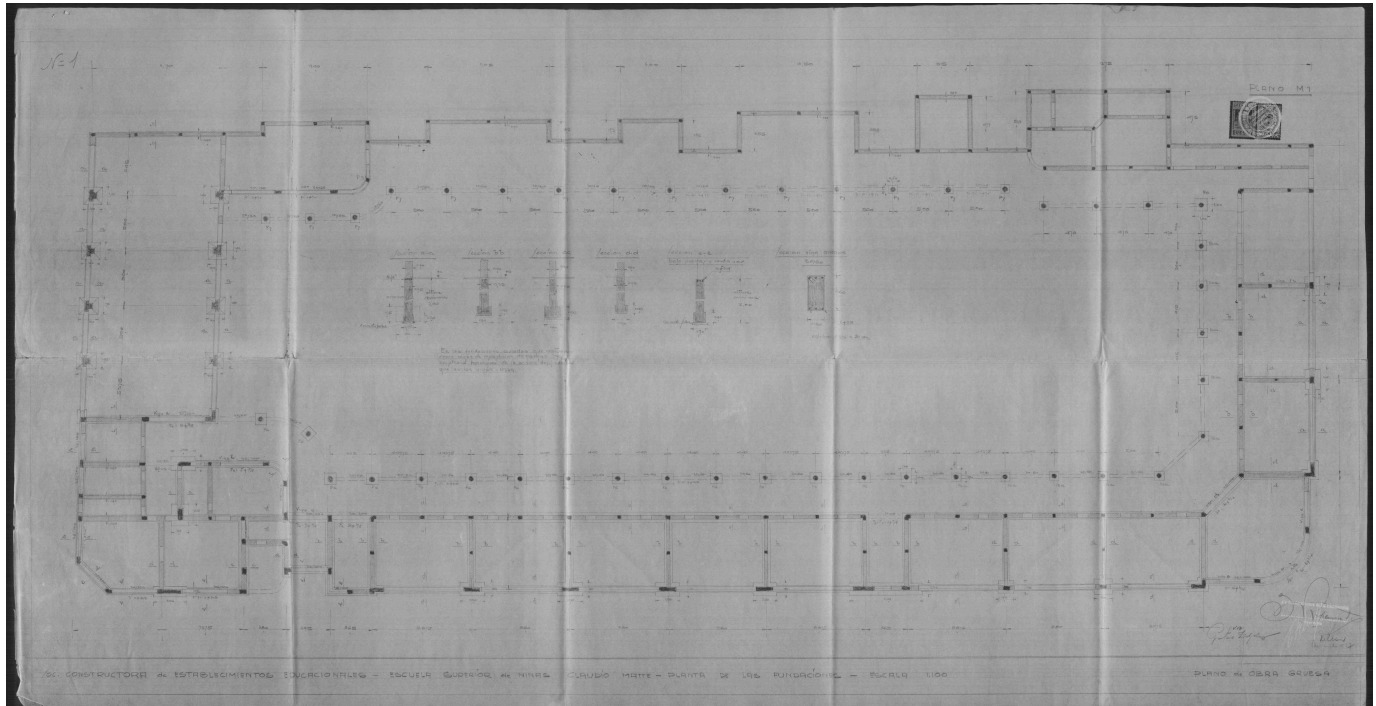


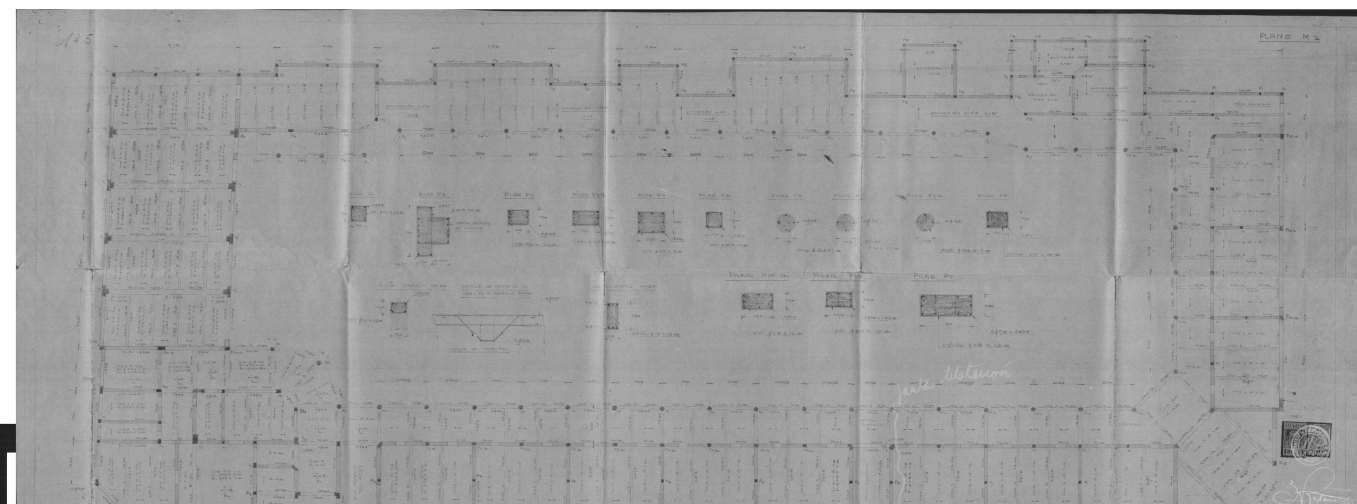
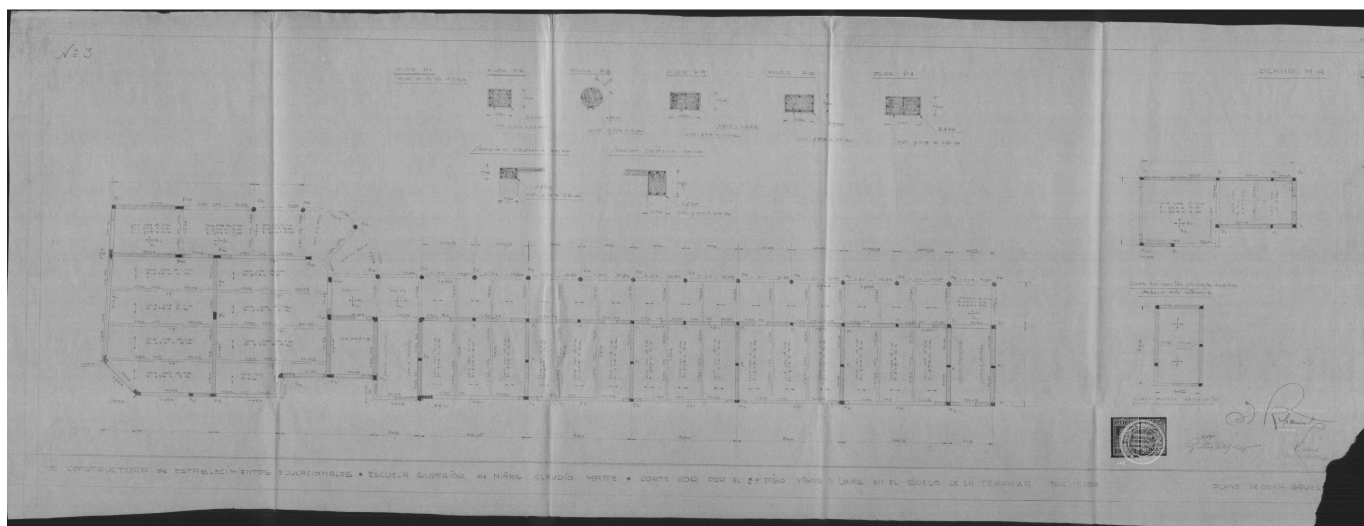
Patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas











- **Formato de Datos Generales resuelto, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**
- **Formato de Historial Clínico resuelto, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**
- **Formato de Materiales y Sistemas Constructivos resuelto, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**
- **Formato de Información Histórica resuelto, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**

**DATOS GENERALES**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

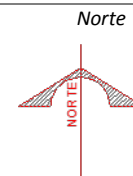
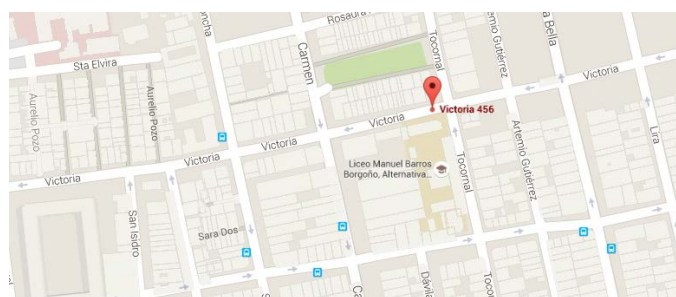
**Datos de contacto**

|  |                 |                                       |  |
|--|-----------------|---------------------------------------|--|
| <b>Propietario:</b>                          |                 |                                       |  |
| <i>Nombre</i>                                | <i>Teléfono</i> | <i>Correo electrónico</i>             |  |
| Dirección de Educación Municipal de Santiago | ---             | ---                                   |  |
| <b>Contacto 1:</b>                           |                 |                                       |  |
| <i>Nombre</i>                                | <i>Teléfono</i> | <i>Correo electrónico</i>             |  |
| Sandra Fuenzalida Ibarra                     | 22 556 1169     | pfuenzalida@munistgo.cl               |  |
| <b>Contacto 2:</b>                           |                 |                                       |  |
| <i>Nombre</i>                                | <i>Teléfono</i> | <i>Correo electrónico</i>             |  |
| Luisa Pinilla Aguilera                       |                 | l.metropolitanotheadultos@munistgo.cl |  |

**Ubicación del inmueble**

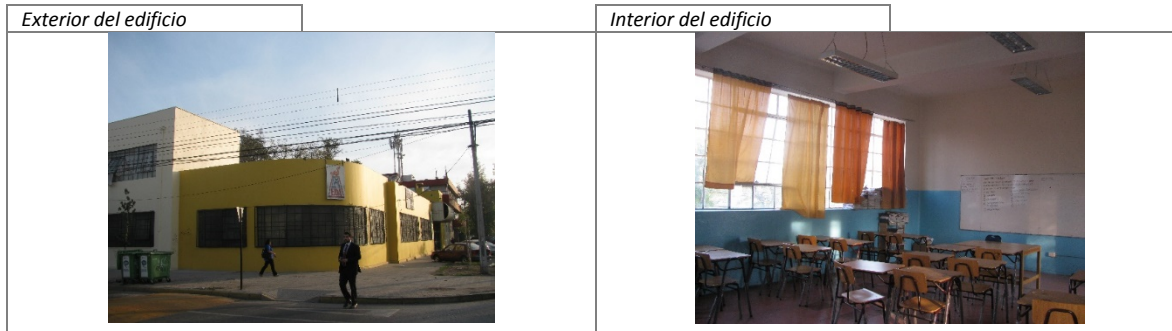
|                             |                     |                     |                |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| <i>Calle</i>                | <i>No. exterior</i> | <i>No. Interior</i> | <i>Colonia</i> |
| Victoria                    | 456                 | S/N                 | ---            |
| <i>Delegación/Municipio</i> | <i>C.P.</i>         | <i>Ciudad</i>       | <i>País</i>    |
| Metropolitana de Santiago   | ---                 | Santiago            | Chile          |
| <i>Latitud</i>              |                     | <i>Longitud</i>     |                |
| S 33° 27' 44.27"            |                     | O 70° 38' 13.6"     |                |

*Croquis de localización*



**DATOS GENERALES**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

**Imágenes generales**



**Condiciones climáticas y de contaminación atmosférica**

|                                   | <i>Máxima</i> | <i>Mínima</i> | <i>Promedio</i> | <i>Observaciones</i>   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|--|
| Temperatura promedio anual (°C):  | 37            | -4            | 26              | Los datos son del 2015, la temperatura más baja se reportó en el mes de junio y la más alta en marzo.                                |
| Precipitación pluvial anual (mm): | <i>Máxima</i> | <i>Mínima</i> | <i>Promedio</i> | <i>Observaciones</i>   |
|                                   | ---           | ---           | 356.2           | La cantidad de lluvia es relativamente baja.   |
| Humedad relativa (%):             |               | 74            |                 | <i>Observaciones</i>   |
|                                   |               |               |                 | La humedad relativa tiende a ser alta.   |
| Viento dominante (km/hr):         |               |               |                 | <i>Observaciones</i>   |
|                                   |               |               |                 |  |
| Niveles de contaminación:         |               | ---           |                 | <i>Observaciones</i>   |
|                                   |               |               |                 | La ciudad de Santiago ha llegado a tener días que exceden los 240 miligramos por metro cubico lo que indica la mala calidad de aire. |

**DATOS GENERALES**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**

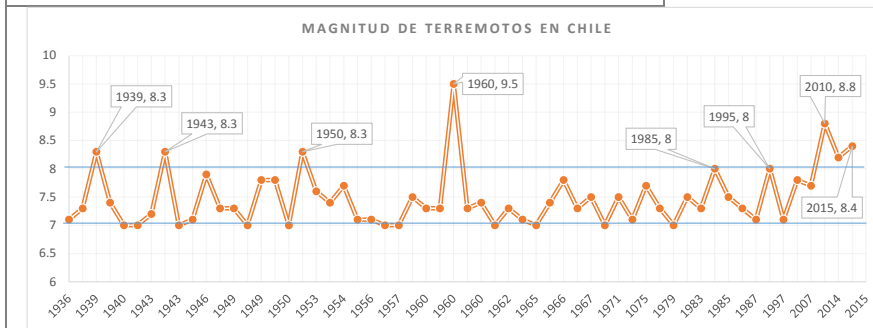


Fuente de información:

<http://www.woespana.es/weather/maps/city?LANG=es&WMO=85574&ART=SON&CONT=samk&R=0&LEVEL=150&REGION=0021&LAND=CH&NOREGION=0&MOD=&TMX=&TMN=&SON=&PRE=&MONAT=&OFFS=&SORT=&MM=02&YY=2015&WEEK=2>  
<http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3507.html#presentacion>

**Actividad sísmica**

Gráfica de intensidad de eventos sísmicos significativos



Observaciones

Chile es uno de los países de mayor actividad sísmica por lo tanto en todo estudio patológico realizado en esta zona se debe considerar las condiciones sísmicas.

Fuente de información:

<http://www.sismologia.cl/>

**INVESTIGACIÓN CLÍNICA**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Registro de rehabilitaciones y remodelaciones del inmueble**

| <i>Fecha del trabajo</i> | <i>Descripción de los trabajos realizados</i>  | <i>Referencia</i>                        |
|--------------------------|--|--|
| 1991                     | En la zona de baños ubicada en la planta baja del lado oeste se construyeron muros falsos de placas de madera comprimida con bastidor en el acceso a baños.                      | Plano 1991                               |
| ---                      | Instalación de aulas de prefabricados ubicadas en el patio, junto con bodegas.   | Visita al sitio                          |
| ---                      | Adaptación de aulas en la terraza sur, la cubierta es con cercha de fierro y lata, el cielo es prefabricado al igual que los muros.  | Visita al sitio                          |
| ---                      | El espacio de baños en la zona de escaleras planta alta del lado norte representados en el plano arquitectónico de 1931, actualmente es el comedor para funcionarios.            | Visita al sitio y planos de 1938 y 1991. |
| ---                      | La sala de profesores tiene un desnivel en piso y un mezzanine, los cuales no están representados en los planos entregados a la municipalidad en 1938 y 1991.                    | Visita al sitio, planos de 1938 y 1991.  |
| ---                      | La cubierta de cercha y lata en el edificio de dos niveles no está contemplado en los planos de 1931.  | Visita al sitio y planos de 1938.        |
| ---                      | Las salas de planta alta 25, 26 y 27 no existen en los planos presentados a la municipalidad en 1938, sin embargo el sistema constructivo es el mismo que lo construido en 1938. | Visita al sitio y planos de 1938.        |

**Registro de trabajos de mantenimiento**

| <i>Fecha del trabajo</i> | <i>Descripción de los trabajos realizados</i>   | <i>Referencia</i>                 |
|--------------------------|---|-----------------------------------|
| 2015                     | Aplicación de pintura en fachada exterior   | Fotografía con cartel informativo |
| 2013                     | Aplicación de asfalto en terraza norte para corregir la filtración de agua de lluvia. | Testimonio.                       |
| ---                      | Aplicación de pintura en el interior de salones                                       | Testimonio.                       |

**INVESTIGACIÓN CLÍNICA**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



**Lista de documentos y planos de referencia**

| <i>Nombre</i> | <i>Tipo</i> | <i>Archivo electrónico</i> |
|---------------|-------------|----------------------------|
| ---           | ---         | ---                        |

**Testimonios**

Los trabajos de mantenimiento son escasos, por lo general los hace la misma comunidad estudiantil, los aspectos más preocupantes es la degradación de la zona sur planta alta por la gran cantidad de palomas siendo en este momento un foco de infección y las grietas en muros de la sala de maestros.

*Datos generales del testimonio*

Funcionarios del Liceo

**Referencias**

-



**INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Dimensiones generales del terreno e inmueble**

|   |  |   |
|---|--|---|
| <i>Superficie del terreno</i><br>Aproximadamente 4.504 m <sup>2</sup> | <i>Superficie construida</i><br>Aproximadamente 3.876 m <sup>2</sup> | <p><i>Croquis esquemático</i></p> <p>Superficie de construcción destinada al Liceo</p> <p>FACHADA EXTERIOR NOROESTE</p> |
| <i>Altura sobre banqueta</i><br>Aproximadamente 10 m                  | <i>Altura de bajo de banqueta</i><br>---                             |   |
| <i>Niveles construidos sobre banqueta</i><br>2                        | <i>Niveles construidos de bajo de banqueta</i><br>---                |   |

**Uso de suelo y ocupación**

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <i>Uso de suelo actual</i><br>Educación media superior | <i>Uso de suelo original</i><br>Educación media superior | <i>Ocupación actual</i><br>Aproximadamente 770 alumnos | <i>Ocupación permitida</i><br>Aproximadamente 2.586 alumnos |
|--|--|--|---|

**Fecha de construcción y licencia**

|                                    |  |   |
|------------------------------------|--|---|
| <i>Año de construcción</i><br>1938 | <i>Licencia de construcción</i><br>No. 34684 | <i>Reglamento vigente en el año de construcción</i><br>1931 (Ordenanza General de urbanismo y Construcción No. 345) |
|------------------------------------|--|---|

**Disponibilidad de servicios**

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable | <input checked="" type="checkbox"/> Drenaje | <input checked="" type="checkbox"/> Electricidad | <input checked="" type="checkbox"/> Telefonía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Internet     | <input type="checkbox"/> Gas                | <input type="checkbox"/> Otro: _____             |   |

# INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA

## ESTUDIO PATOLÓGICO

### LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

#### Características del terreno

*Descripción de la topografía*

Terreno plano

*Descripción del tipo de suelo*

Probablemente grava densa

#### Estructura vertical y horizontal del sistema constructivo

*Descripción de los elementos del sistema constructivo (material, dimensiones formas y función estructural)*

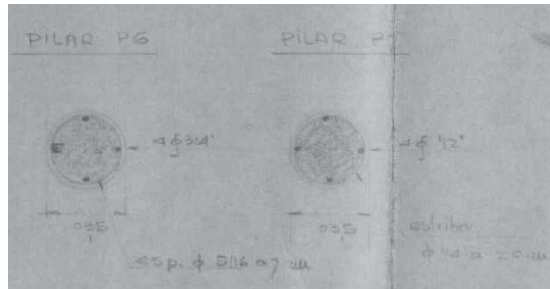
Marcos de hormigón armado formados por pilares (circulars de 35 cm de diámetro y rectangulares de diferentes dimensiones) y vigas de 52 x 30 cms.

La losa de entrepiso es de hormigón armado entre 9 y 12 cms de peralte; la cubierta de la construcción de un solo nivel es de cercha y lata; la cubierta de la construcción de dos niveles es de cercha y lata sobre una losa de hormigón armado entre 9 y 12 cms de peralte.

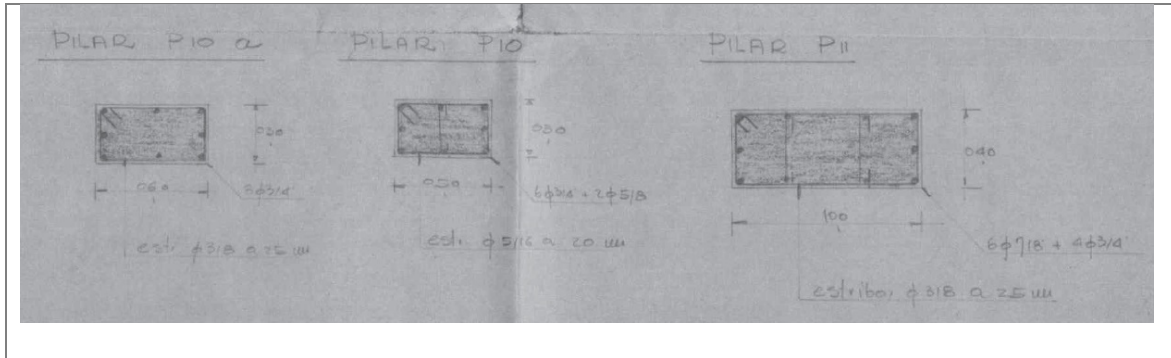
Los muros son de tabique de arcilla de 28cms de espesor, revestidos y acabado final de pintura.

Ver planos de detalles constructivos de 1938

*Fotografías y croquis de los elementos verticales y horizontales*



**INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



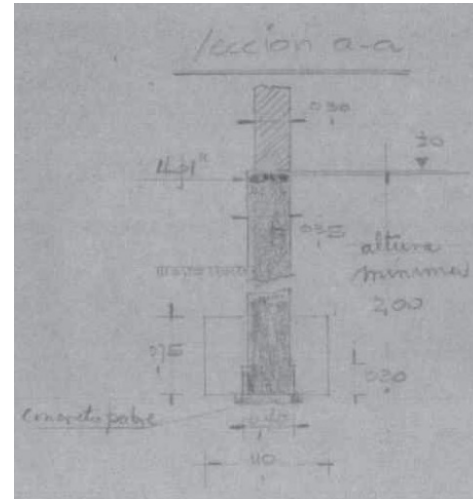
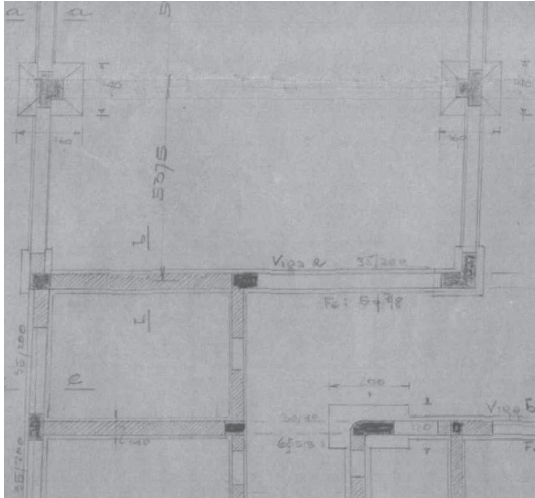
**Fundación**

*Descripción de los elementos del sistema constructivo (material, dimensiones formas y función estructural)*

La fundación es una combinación de zapatas corridas y aisladas desplantadas a 2 m de profundidad según plano de fundación (1938).

Las columnas están soportada por zapatas aisladas, el resto del edificio en zapatas corridas.

*Fotografías y croquis de los elementos de fundación*



# INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA

## ESTUDIO PATOLÓGICO

### LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

#### Fachada

*Descripción de los elementos del sistema constructivo (material, dimensiones formas y función estructural)*

El acabado final de los muros de las fachadas es pintura.  
Los cristales son claros de 6 mm, las piezas están moduladas.

*Fotografías y croquis de los elementos de fachada*



#### Acabados

*Descripción de los elementos del sistema constructivo (material, dimensiones formas y función estructural)*

Los muros y columnas tienen acabado intermedio de revoco de mortero aproximadamente de 3 cms con acabado final de pintura.  
Los cielos y vigas tienen acabado intermedio de revoco y acabado final de pintura.  
Los pisos son de baldosa de 20 cm x 20 cm x 1.5 cm con zoclo de 20 cm x 10 cm x 1.5 cm, en algunas aulas existe flexi sobre la baldosa

*Fotografías y croquis de acabados*

# INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA

## ESTUDIO PATOLÓGICO

### LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



#### Lista de documentos y planos de referencia

| <i>Nombre</i> | <i>Tipo</i>                                    | <i>Archivo electrónico</i> |
|---------------|--|----------------------------|
| PLANO M2      | Estructural de losa de entpiso                 | 1.pdf                      |
| PLANO M4      | Estructural de losa de cubierta (1938)         | 2.pdf                      |
| PLANO M1      | Plano de fundaciones (1938)                    | 3.pdf                      |
| S/N           | Alzados y detalles (1938)                      | 4.pdf                      |
| S/N           | Fachadas (1938)                                | 5.pdf                      |
| PLANTA 3 PISO | Planta arquitectónica de la planta alta (1938) | 6.pdf                      |
| S/N           | Planta arquitectónica de la planta baja (1938) | 7.pdf                      |

**INVESTIGACIÓN CONSTRUCTIVA**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



**Testimonios**

|     |                         |                         |                   |     |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------|-----|
| --- | <i>Apellido paterno</i> | <i>Apellido materno</i> | <i>Nombre (S)</i> | --- |
| --- | <i>Apellido paterno</i> | <i>Apellido materno</i> | <i>Nombre (S)</i> | --- |
| --- | <i>Apellido paterno</i> | <i>Apellido materno</i> | <i>Nombre (S)</i> | --- |

**Referencias**

- Fichas de inmuebles de conservación histórica No. 1121. En línea. <http://www.patrimoniourbano.cl/inmuebles-y-zonas-patrimoniales/>
- Noma Chilena NCH433. En línea. [http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/sismos/normaChilena\\_NCh433-1996.pdf](http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/sismos/normaChilena_NCh433-1996.pdf)

**INVESTIGACIÓN HISTÓRICA**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Clasificación de protección patrimonial del edificio**

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sin protección | <input type="checkbox"/> Patrimonio histórico y/o cultural | <input checked="" type="checkbox"/> En proceso de clasificación | <input checked="" type="checkbox"/> Otro: |
|---|--|---|---|

**Historia del edificio**

El edificio fue construido entre 1935 a 1938, el arquitecto es Gustavo Mönckerberg y Aracena, la Sociedad Constructora Establecimientos Educativos S.A. fue su primer propietario.

El diseño original respondía a los requerimientos de la “Escuela Superior de Niñas Claudio Matte”, posteriormente fue la “Escuela D-24” y subdividido para albergar también al Jardín Infantil Apóstol Santiago; como consecuencia del terremoto del 2010 en Santiago, la Escuela D-24 compartió instalaciones con el Liceo Metropolitano para Adultos, actualmente solo están el Jardín Infantil Apóstol Santiago y el Liceo Metropolitano para Adultos.

**Elementos de valor histórico**

En la ficha de inmuebles de conservación histórica 1121 destaca los siguientes valores:

- No está vinculado a acontecimientos históricos.
- Publicación reciente en la que se considera patrimonio moderno, “Arquitectura Escolar Pública como Patrimonio Moderno en Chile”.
- Es mencionado como patrimonio por la comunidad.

**Elementos de valor arquitectónico**

En la ficha de inmuebles de conservación histórica 1121 destaca los siguientes valores:

- Es característico de un estilo o tipología.

# INVESTIGACIÓN HISTÓRICA

## ESTUDIO PATOLÓGICO

### LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

- Es un ejemplo escaso de un estilo o tipología.
- Es un inmueble de calidad estética y arquitectónica

*Fotografías representativas de la tipología del inmueble:*



Edificio de dos niveles, elementos curvos.



Fachada planas, el ritmo lo crean la diferencia de forma de ventanas.



Uso de la modulación en los espacios.

### Elementos de valor urbano

En la ficha de inmuebles de conservación histórica 1121 destaca los siguientes valores:

- Se destaca por su paisaje urbano.
- No forma parte de un conjunto con valor patrimonial.

### Testimonios

---

*Apellido paterno*

*Apellido materno*

*Nombre (S)*

---

### Referencias

- Publicación de libro "Arquitectura Escolar Pública como Patrimonio Moderno en Chile". En línea. [http://www.docomomo.cl/wp-content/uploads/2011/08/Arquitectura-Escolar-P%C3%BAblica\\_Libro.pdf](http://www.docomomo.cl/wp-content/uploads/2011/08/Arquitectura-Escolar-P%C3%BAblica_Libro.pdf), recuperado el 12/10/2105
- Fichas de inmuebles de conservación histórica No. 1121. En línea. <http://www.patrimoniourbano.cl/inmuebles-y-zonas-patrimoniales/>

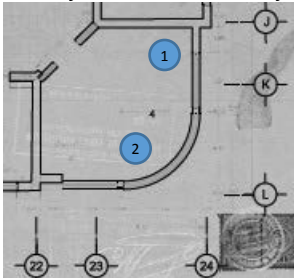


- **Ficha de levantamiento de lesiones, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**
- **Ejemplo de mapeo de daños, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**

**LEVANTAMIENTO DE DAÑOS**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Ubicación de zona observada**

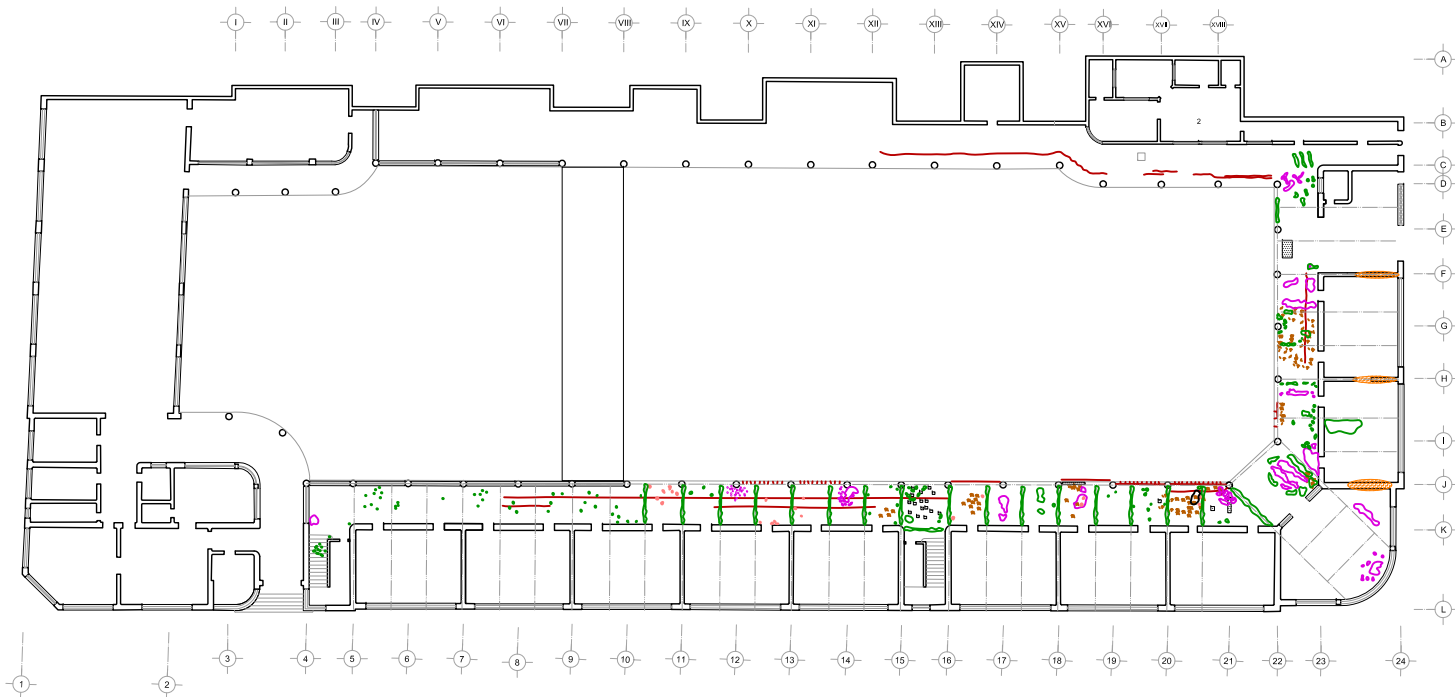
|  |  |
|--|--|
| <p><i>Croquis de referencia de daños identificados</i></p>  | <p><i>Indicación del nivel y zona observada</i></p> <p><b>Planta baja, biblioteca entre ejes J-L y 22-24</b></p> |
|--|--|

**Listado y descripción de daños identificados**

| No. | Dañó                                | Descripción (ubicación, forma, dimensión, color, textura)   |
|-----|-------------------------------------|---|
| 1   | Grietas en muro                     | Grietas diagonal y vertical, ambas inician en la esquina superior del muro de ladrillo debajo de paño inferior de la viga y también son visibles en el otro paño del muro, se ha observado que aumentan con los movimientos sísmicos. |
| 2   | Desprendimiento de pintura de cielo | La última capa de pintura vinílica de cielo está desprendiéndose y es zonas focalizadas.  |

**Croquis y fotografías**


|  |   |
|--|---|
|  <p>1 Grietas en muro del eje J entre 23 y 24</p> |  <p>2 Desprendimiento de pintura en cielo</p> |
|--|---|





OBSERVACIONES:

1,102 Toma de nivel Inicial

Lectura de nivel

 Baldosa desgastada

 Fisuras en baldosas

 Fisuras en muros

PROYECTO:

LICEO METROPOLITANO DE ADULTOS

UBICACIÓN:

VICTORIA 456, REGIÓN METROPOLITANA, SANTIAGO, CHILE

PROPIETARIO:

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN DE SANTIAGO

PLANO:

MAPEO DE PISOS Y MUROS DE PLANTA BAJA

ESC.:

SIN ESCALA

ELABORÓ:

ROSAURA LEAL VELÁZQUEZ

ORIENTACIÓN:



CLAVE:



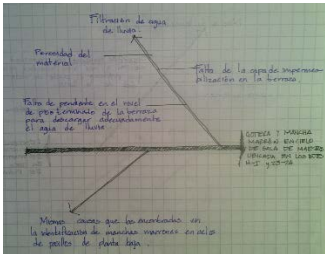
MAP-001

- **Formato de planteamiento de hipótesis, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**

**PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**

|                            |   |                     |               |
|----------------------------|---|---------------------|---------------|
| <b>Nombre del estudio:</b> | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | <b>No. estudio:</b> | <b>001-15</b> |
|----------------------------|---|---------------------|---------------|

**Tabla de hipótesis**

| ID  | Daño Identificado  | Descripción de los síntomas   | Detección de posibles causas   | Planteamiento de posibles hipótesis   | Referencia de fuentes |
|-----|--|---|--|---|-----------------------|
| 013 | <p>Gotera y mancha marrón en cielo de sala de profesores ubicada entre los ejes H-I y 23-24</p>   | <p>i. Mancha de humedad y gotera en día de lluvia ligera, con desprendimiento de pintura.</p> <p>ii. Desprendimiento de pintura, gotera en día de lluvia ligera, y mancha marrón.</p> |  | <p>i. La falta de pendiente en la terraza, mantenimiento y adecuada impermeabilización permite la filtración de agua de lluvia debido a las características de porosidad de los acabados del piso de la terraza, de relleno y de la losa de entripiso de hormigón armado.</p> |                       |

- **Formato de planeación de estudios especializados, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**

**PLANEACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Objetivo de los estudios especializados**

Los resultados de cada estudio deberán correlacionarse y en conjunto aclarar datos técnicos para reforzar, eliminar o crear nuevas hipótesis de causas y procesos patológicos.

**Lista de estudios especializados** (para mayor detalle ver las fichas de planeación de cada estudio)

| No. | Tipo de estudio                                    | Zona de estudio   |
|-----|--|---|
| 1   | Estudio geotécnico                                 | Pasillos en planta baja y sala de profesores.                               |
| 2   | Extracción de muestras de hormigón                 | Terraza y sala 27   |
| 3   | Pruebas de adherencia de pintura                   | Fachadas y cielo de planta baja   |
| 4   | Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón | Terraza y sala 27   |
| 5   | Estudio petrográfico de hormigón                   | Terraza y sala 27   |
| 6   | Pruebas de compresión de muestras de hormigón      | Terraza y sala 27   |
| 7   | Revisión estructural                               | Sala de profesores, pasillos de planta baja, sala 25, sala 27 y de computo. |
| 8   | Revisión biológica                                 | Cielo de planta baja, patio y zona sur de planta alta.                      |

**Matriz de relaciones en los estudios especializados**

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Estudio geotécnico                                 |  |
| 2 | Extracción de muestras de hormigón                 |  |
| 3 | Pruebas de adherencia de pintura                   |  |
| 4 | Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |  |
| 5 | Estudio petrográfico de hormigón                   |  |
| 6 | Pruebas de compresión de muestras de hormigón      |  |
| 7 | Revisión estructural                               |  |
| 8 | Revisión biológica                                 |  |

**PLANEACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



**Cronograma general de actividades de estudios especializados**

|  | Semana 1  |    |    |    |    |    |    | Semana 2           |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|----|----|----|----|----|----|--------------------|----|----|----|----|----------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | lu  | ma | mi | ju | vi | sa | do | lu                 | ma | mi | ju | vi | sa                   | do |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 Estudio geotécnico                                 | Preparación y reunión de arranque de trabajos de estudios |    |    |    |    |    |    | Trabajo en terreno |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 Extracción de muestras de hormigón                 |   |    |    |    |    |    |    | Trabajo en terreno |    |    |    |    | Informe y entrega de |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |   |    |    |    |    |    |    | Trabajo en terreno |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    | Trabajo en terreno   |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 Estudio petrográfico de hormigón                   |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de hormigón      |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 Revisión estructural                               |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 Revisión biológica                                 |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |    |    |    |    |    |    |                    |    |    |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  | Semana 3           |    |             |    |    |    |             | Semana 4                  |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--------------------|----|-------------|----|----|----|-------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | lu                 | ma | mi          | ju | vi | sa | do          | lu                        | ma | mi | ju | vi | sa | do |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 Estudio geotécnico                                 | Trabajo en terreno |    | Laboratorio |    |    |    | Laboratorio |                           |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 Extracción de muestras de hormigón                 |                    |    |             |    |    |    |             |                           |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |                    |    |             |    |    |    |             | Trabajo en terreno        |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |                    |    |             |    |    |    |             | Revisión del especialista |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 Estudio petrográfico de hormigón                   |                    |    |             |    |    |    |             | Trabajo en laboratorio    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de hormigón      |                    |    |             |    |    |    |             | Trabajo en laboratorio    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 Revisión estructural                               |                    |    |             |    |    |    |             |                           |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 Revisión biológica                                 |                    |    |             |    |    |    |             |                           |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



# PLANEACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS

## ESTUDIO PATOLÓGICO

### LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS

|  | Semana 5                 |    |    |                          |    |    |    | Semana 6                 |    |    |    |    |    |    |
|--|--------------------------|----|----|--------------------------|----|----|----|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
|  | lu                       | ma | mi | ju                       | vi | sa | do | lu                       | ma | mi | ju | vi | sa | do |
| 1 Estudio geotécnico                                 | Laboratorio              |    |    | Revisión de especialista |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |
| 2 Extracción de muestras de hormigón                 |                          |    |    |                          |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |                          |    |    |                          |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |                          |    |    |                          |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 5 Estudio petrográfico de hormigón                   | Trabajo en laboratorio   |    |    |                          |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de hormigón      | Revisión de especialista |    |    |                          |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 7 Revisión estructural                               |                          |    |    |                          |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |
| 8 Revisión biológica                                 |                          |    |    |                          |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |

|  | Semana 7                 |    |    |    |    |    |    | Semana 8                 |    |    |    |    |    |    |
|--|--------------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
|  | lu                       | ma | mi | ju | vi | sa | do | lu                       | ma | mi | ju | vi | sa | do |
| 1 Estudio geotécnico                                 |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 2 Extracción de muestras de hormigón                 |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 5 Estudio petrográfico de hormigón                   |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de hormigón      |                          |    |    |    |    |    |    |                          |    |    |    |    |    |    |
| 7 Revisión estructural                               | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |
| 8 Revisión biológica                                 | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    | Revisión de especialista |    |    |    |    |    |    |

|  | Semana 9           |    |    |    |    |    |    |
|--|--------------------|----|----|----|----|----|----|
|  | lu                 | ma | mi | ju | vi | sa | do |
| 1 Estudio geotécnico                                 | Cierre de estudios |    |    |    |    |    |    |
| 2 Extracción de muestras de hormigón                 |                    |    |    |    |    |    |    |
| 3 Pruebas de adherencia de pintura                   |                    |    |    |    |    |    |    |
| 4 Pruebas de corrosión de armado de losa de hormigón |                    |    |    |    |    |    |    |
| 5 Estudio petrográfico de hormigón                   |                    |    |    |    |    |    |    |
| 6 Pruebas de compresión de muestras de hormigón      |                    |    |    |    |    |    |    |
| 7 Revisión estructural                               |                    |    |    |    |    |    |    |
| 8 Revisión biológica                                 |                    |    |    |    |    |    |    |

**PLANEACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



**Plan de comunicación**

*Medios de comunicación*

- Reuniones de trabajo presencial o video conferencia, en terreno o gabinete, la decisión del tipo de reunión y enviar la convocatoria estará a cargo del responsable general del estudio patológico.
- Toda reunión deberá ser solicitada con orden del día adjunta y ser cerrada con una minuta firmada por cada asistente
- Al inicio general de los estudios se realizará una reunión presencial en terreno con todos los involucrados para presentar el objetivo de los estudios su interrelación, conocer el inmueble de estudio y determinar horarios de trabajo y cuidados en el lugar.
- Al término general de los estudios se realizará una reunión presencial o video conferencia con todos los involucrados para cerrar todas las actividades de los estudios.
- El responsable general del estudio patológico será el encargado de determinar las fechas de reunión y el tipo de estas para dar seguimiento a avances en alcance, tiempo y soluciones técnicas.
- Otras opciones de medios de comunicación son los correos electrónicos, por lo que deberán llevar copia a cada involucrado en el tema de acuerdo a la matriz de relaciones de los estudios especializados y al responsable del estudio patológico.

*Administración de la información*

- El responsable general del estudio patológico es el encargado de establecer el servicio de nube y dar acceso a cada uno de los responsables de los estudios especializados.
- Todas las órdenes del día y minutas deberán ser guardadas en la nube con acceso a todos los involucrados.
- Resultados e informes deberán ser almacenados en las carpetas de la nube.

**Lista de documentos y planos de referencia**

| <i>Nombre</i>                       | <i>Tipo</i>                             | <i>Archivo electrónico</i>              |
|-------------------------------------|---|---|
| Selección estudio planta alta-liceo | Mapeo de daños                          | selección estudio planta alta-liceo.pdf |
| Selección estudio planta baja-liceo | Mapeo de daños                          | selección estudio planta baja-liceo.pdf |
| Selección estudio fachada-liceo     | Mapeo de daños                          | selección estudio fachada-liceo.pdf     |
| Nivelesdepasillo-liceo              | Análisis de niveles de piso planta baja | nivelesdepasillo-liceo.pdf              |
| Perfilesgrietas piso1               | Análisis de niveles de piso planta baja | perfilesgrietas piso1.pdf               |
| Perfilesgrietas piso2-liceo         | Análisis de niveles de piso planta baja | perfilesgrietas piso2-liceo.pdf         |

**PLANEACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**

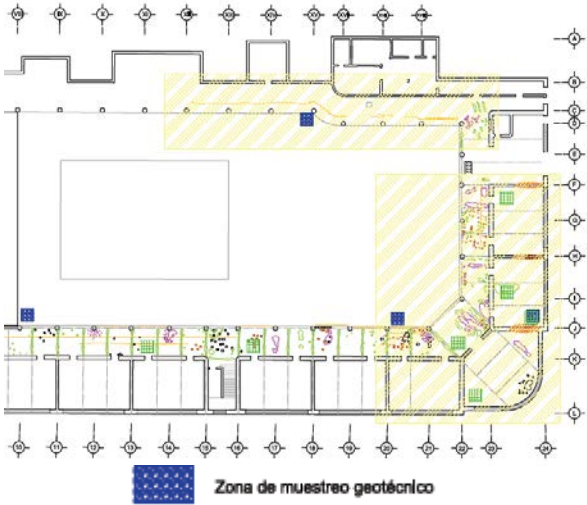


|   |  |  |
|---|--|--|
| Registronivelesyesclerometro-liceo                      | Registro de mediciones                         | registronivelesyesclerometro-liceo.pdf                       |
| Esclerometro  | Análisis de resultados                         | ESCLEROMETRO.xlsx  |
| Interpretación de fotografías de la cámara termográfica | Análisis de resultados                         | Interpretación de fotografías de la cámara termográfica.docx |
| Hipótesis   | Planteamiento de hipótesis                     | Hipotesis.docx   |
| PLANO M2  | Estructural de los a de entrepiso (1938)       | 1.pdf  |
| PLANO M4  | Estructural de losa de cubierta (1938)         | 2.pdf  |
| PLANO M1  | Plano de fundaciones (1938)                    | 3.pdf  |
| S/N   | Alzados y detalles (1938)                      | 4.pdf  |
| S/N   | Fachadas (1938)                                | 5.pdf  |
| PLANTA 3 PISO   | Planta arquitectónica de la planta alta (1938) | 6.pdf  |
| S/N   | Planta arquitectónica de la planta baja (1938) | 7.pdf  |

**SELECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**

|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Planteamiento de estudio geotécnico**

|   |  |
|---|--|
| <p style="text-align: center;"><i>Zona de estudio</i></p> <p><b>Zona A entre los ejes XI-22 y B-E</b><br/> <b>Zona B entre los ejes 20-24 y F-L</b><br/> <b>Zona C entre los ejes 10-11 y I-J</b></p> | <p style="text-align: center;"><i>Croquis de referencia de la zona de estudio</i></p>  <p style="text-align: center;"><b>Zona de muestreo geotécnico</b></p> |
|---|--|

*Descripción del trabajo a realizar*

El objetivo del estudio geotécnico es determinar las características de humedad, resistencia y contenido del material del suelo en la profundidad de 0 a 4 metros, utilizando pozos a cielo abierto con extracción de muestras cúbicas o muestreo continuo con tubo shelby. Las muestras obtenidas deberán ser llevadas a laboratorio para la clasificación de muestras, contenido de humedad, granulometría y pruebas triaxiales. El especialista en Geotecnia deberá interpretar los resultados de laboratorio y las observaciones en campo para emitir su opinión sobre las hipótesis planteadas en el estudio de patología.

*Listado de pruebas a realizar*

| <i>Prueba</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Ubicación</i>                          | <i>Descripción</i>  |
|---------------------------------|-----------------|---|---|
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto | 1               | Paño exterior de columna C XV             | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto | 1               | Sala de profesores entre ejes I-J y 23-24 | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |

**SELECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto   | 1 | Patio entre los ejes I-J y 20-21          | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 1) Pozo a cielo abierto   | 1 | Patio entre los ejes I-J y 10-11          | Pozo a cielo abierto 1.5 m x 1.5 m x 4.00 con descripción de estratigrafía y 2 muestras cúbicas |
| (Opción 2) muestreo continuo con tubo shelby  | 1 | Paño exterior de columna C XV             | Perforación del suelo con Longyear y tubos shelby con muestreo continuo de 0 a 4.00 m           |
| (Opción 2) muestreo continuo con tubo shelby  | 1 | Sala de profesores entre ejes I-J y 23-24 | Perforación del suelo con Longyear y tubos shelby con muestreo continuo de 0 a 4.00 m           |
| (Opción 2) muestreo continuo con tubo shelby  | 1 | Patio entre los ejes I-J y 20-21          | Perforación del suelo con Longyear y tubos shelby con muestreo continuo de 0 a 4.00 m           |
| (Opción 2) muestreo continuo con tubo shelby  | 1 | Patio entre los ejes I-J y 10-11          | Perforación del suelo con Longyear y tubos shelby con muestreo continuo de 0 a 4.00 m           |
| <i>Hipótesis a aclarar</i>  |   |   |   |
| <p>i. El suelo de pasillos se está reblandeciendo por la saturación de líquidos.</p> <p>ii. El suelo se está comprimiendo por falta de humedad.</p> <p>iii. Existe una desecación del suelo en 77 años.</p>             |   |   |   |
| <i>Observaciones</i>  |   |   |   |
| La propuesta de pruebas, análisis y ubicación de muestreo deberá ser conciliado con el especialista en Geotecnia.   |   |   |   |
| <i>Referencias</i>  |   |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://www.humboldtmg.com/digital-catalog/Spanish/catalog-pdf/Page%2026.pdf">http://www.humboldtmg.com/digital-catalog/Spanish/catalog-pdf/Page%2026.pdf</a></li> </ul> |   |   |   |

**Lista de documentos y planos de referencia**

| <i>Nombre</i>                       | <i>Tipo</i>                             | <i>Archivo electrónico</i>              |
|-------------------------------------|---|---|
| Selección estudio planta alta-liceo | Mapeo de daños                          | selección estudio planta alta-liceo.pdf |
| Selección estudio planta baja-liceo | Mapeo de daños                          | selección estudio planta baja-liceo.pdf |
| Selección estudio fachada-liceo     | Mapeo de daños                          | selección estudio fachada-liceo.pdf     |
| Nivelesdepasillo-liceo              | Análisis de niveles de piso planta baja | nivelesdepasillo-liceo.pdf              |

**SELECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALIZADOS**  
**ESTUDIO PATOLÓGICO**  
**LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS**



|   |  |  |
|---|--|--|
| Perfilesgrietas piso1                                   | Análisis de niveles de piso planta baja        | perfilesgrietas piso1.pdf                                    |
| Perfilesgrietas piso2-liceo                             | Análisis de niveles de piso planta baja        | perfilesgrietas piso2-liceo.pdf                              |
| Registroniveles yesclerometro-liceo                     | Registro de mediciones                         | registroniveles yesclerometro-liceo.pdf                      |
| Esclerometro  | Análisis de resultados                         | ESCLEROMETRO.xlsx  |
| Interpretación de fotografías de la cámara termográfica | Análisis de resultados                         | Interpretación de fotografías de la cámara termográfica.docx |
| Hipótesis   | Planteamiento de hipótesis                     | Hipotesis.docx   |
| PLANO M2  | Estructural de los a de entrepiso (1938)       | 1.pdf  |
| PLANO M4  | Estructural de losa de cubierta (1938)         | 2.pdf  |
| PLANO M1  | Plano de fundaciones (1938)                    | 3.pdf  |
| S/N   | Alzados y detalles (1938)                      | 4.pdf  |
| S/N   | Fachadas (1938)                                | 5.pdf  |
| PLANTA 3 PISO   | Planta arquitectónica de la planta alta (1938) | 6.pdf  |
| S/N   | Planta arquitectónica de la planta baja (1938) | 7.pdf  |

### Testimonios

Los trabajos de mantenimiento son escasos, por lo general los hace la misma comunidad estudiantil, los aspectos más preocupantes es la degradación de la zona sur planta alta por la gran cantidad de palomas siendo en este momento un foco de infección y las grietas en muros de la sala de maestros.

*Datos generales del testimonio*

Funcionarios del Liceo

- **Formato de recomendación de tratamiento, caso de estudio Liceo Metropolitano para Adultos.**

**RECOMENDACIÓN DE TRATAMIENTO**  
ESTUDIO PATOLÓGICO  
LICEO METROPOLITANO PARA ADULTOS



|                      |   |                            |               |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|
| Nombre del inmueble: | <b>Liceo Metropolitano para Adultos</b> | No. de Estudio Patológico: | <b>001-15</b> |
|----------------------|---|----------------------------|---------------|

**Degradación de materiales por humedad de terraza**

En la losa de entrepiso del área de la terraza es conveniente que se lleve a cabo un trabajo de estabilización y reparación de materiales, con la finalidad de evitar o mitigar procesos de oxidación o de erosión de materiales.

Los trabajos recomendados para la estabilización y reparación de materiales son:

Previos a la estabilización y reparación de los materiales.

- a. Extracción de testigos de la losa de entrepiso considerando los parámetros expuestos en Anexo F.
- b. Elaboración de pruebas de velocidad de corrosión considerando los parámetros expuestos en Anexo F.
- c. Elaboración de pruebas de compresión de testigos y de petrografía considerando los parámetros expuestos en Anexo F.
- d. Revisión estructural considerando los parámetros expuestos en Anexo F.
2. Durante la estabilización y reparación de los materiales.
  - a. Realizar los trabajos señalados por el proyecto estructural en caso de que sea necesario.
  - b. Realizar deshumidificación de la losa de entrepiso.
  - c. Corrección de pendientes e instalación de bajadas de agua de lluvia.
  - d. Impermeabilización de la terraza tomando en cuenta las condiciones de radiación solar, uso del área y periodos de mantenimiento.
  - e. Retiro de revestimiento en cielo y aplicación de nuevo revestimiento con acabado final considerando las condiciones ambientales del lugar y los periodos de mantenimiento programables.
3. Posterior a la estabilización y reparación de los materiales
  - a. Monitorear periódicamente la aparición de daños.
  - b. Realizar trabajos de mantenimiento preventivo.



---

## Contenido de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.1 Clasificación de causas directas e indirectas                        | 14 |
| Tabla 1.2 general de lesiones elaborado por Chávez y Álvarez                   | 24 |
| Tabla 1.3 Primera sección de la matriz “causa – lesión – material”             | 26 |
| Tabla 1.4 Segunda sección de la matriz “causa – lesión – material”             | 27 |
| Tabla 1.5 Actividades y técnicas en la etapa de prediagnóstico                 | 39 |
| Tabla 1.6 Actividades y técnicas en el diagnóstico                             | 42 |
| Tabla 1.7 Actividades y técnicas en la recomendación de tratamiento            | 45 |
| Tabla 3.1 Instrumentos y pruebas físicas clasificados como no destructivos     | 68 |
| Tabla 3.2 Instrumentos y pruebas mecánicas clasificados como no destructivos   | 69 |
| Tabla 3.3 Instrumentos y pruebas químicas clasificados como no destructivos    | 70 |
| Tabla 3.4 Instrumentos y pruebas físicas clasificados como semi destructivos   | 71 |
| Tabla 3.5 Instrumentos y pruebas mecánicas clasificados como semi destructivos | 71 |
| Tabla 3.6 Instrumentos y pruebas químicas clasificados como semi destructivos  | 72 |
| Tabla 4.1 Proceso de anamnesis   | 86 |
| Tabla 4.2 Identificación de lesiones y patrones patológicos                    | 88 |
| Tabla 4.3 Planteamiento de hipótesis   | 90 |
| Tabla 4.4 Selección de lesiones y áreas a estudiar                             | 92 |
| Tabla 4.5 Planeación de estudios especializados                                | 93 |
| Tabla 4.6 Ejecución de estudios especializados                                 | 94 |
| Tabla 4.7 Revisión de hipótesis  | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 4.8 Comprobación de hipótesis   | 97  |
| Tabla 4.9 Determinación de gravedad de lesiones   | 98  |
| Tabla 4.10. Redacción de informe de diagnóstico   | 101 |
| Tabla 4.11. Definición del tipo de intervención   | 103 |
| Tabla 4.12. Determinación del tratamiento   | 104 |
| Tabla 5.1 Datos generales del Liceo Metropolitano para Adultos  | 124 |
| Tabla 5.2 Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Liceo Metropolitano para Adultos | 138 |
| Tabla 5.3 Tipos de intervención recomendados en el caso del Liceo Metropolitano para Adultos                      | 140 |
| Tabla 5.4. Clasificación de causas de lesiones del Liceo Metropolitano para Adultos.                              | 144 |
| Tabla 5.5 Datos generales del Gimnasio  | 146 |
| Tabla 5.6 Procesos patológicos del caso de estudio del Gimnasio   | 151 |
| Tabla 5.7. Prioridad de intervención de los procesos patológicos detectados en el Gimnasio                        | 154 |
| Tabla 5.8 Tipos de intervención recomendados en el caso del Gimnasio  | 155 |
| Tabla 5.9 Clasificación de causas de lesiones del Gimnasio  | 157 |

## Contenido de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1. Paso uno diagrama Ishikawa causa – efecto.  | 16 |
| Figura 1.2. Paso dos diagrama Ishikawa causa – efecto   | 17 |
| Figura 1.3. Paso tres diagrama Ishikawa causa – efecto.   | 17 |
| Figura 1.4. Paso cuatro diagrama Ishikawa causa – efecto.   | 18 |
| Figura 1.5. Paso cinco diagrama Ishikawa causa – efecto   | 18 |
| Figura 1.6 Ejemplo de diagrama Causa – efecto para las patologías de fachada, datos obtenidos de (Mansur & Mansur, 2006)            | 19 |
| Figura 1.7 fotografía del área analizada; extraída del artículo “Problems in failure analysis in Building pathology (Molnárka,2000) | 20 |
| Figura 1.8 Traducción parcial del diagrama de análisis de fallas elaborado por Gergely Molnárka. (Molnárka, 2000)                   | 21 |
| Figura 1.9 Ejemplo de la matriz “causa – lesión – material”   | 27 |
| Figura 1.10 Comparativa del concepto del estudio patológico   | 32 |
| Figura 2.1 Fisuras de cortante, edificio de la Cd. de México  | 50 |
| Figura 2.2 Fisuras de cortante sísmico, Liceo Metropolitano para Adultos en Santiago, Chile   | 50 |
| Figura 2.3 Manchas por oxido, Centro cultural la Moneda en Santiago, Chile  | 51 |
| Figura 2.4 Matriz probabilidad impacto  | 56 |
| Figura 2.5 Matriz de funcionalidad - seguridad  | 57 |
| Figura 2.6 Combinación de matrices  | 58 |
| Figura 2.7 Objetivo de los estudios   | 59 |
| Figura 2.8 Lista de estudios  | 60 |
| Figura 2.9 Matriz de relaciones entre los estudios especializados   | 60 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 2.10 Diagrama Causa – Efecto de esta investigación   | 62  |
| Figura 3.1 Modelo del sistema de la patología en edificios  | 66  |
| Figura 4.1 Método para la elaboración de estudios patológicos enfocado a las lecciones aprendidas.  | 81  |
| Figura 4.2 Esquema general de los procesos para la elaboración de estudios patológicos.   | 83  |
| Figura 5.1 Ubicación y fotografía del exterior del Liceo Metropolitano para Adultos, la imagen de la ubicación se obtuvo del sito de Google Earth | 106 |
| Figura 5.2 Ubicación y fotografía del exterior del Gimnasio, la imagen de la ubicación fue capturada de Google Earth                              | 107 |
| Figura 5.3 Gráfica de cumplimiento de objetivos del caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos  | 110 |
| Figura 5.4 Gráfica de cumplimiento de objetivos del caso de estudio del Gimnasio  | 111 |
| Figura 5.5 Comparativa de gráficas de evaluación de objetivos de los dos casos de estudio   | 112 |
| Figura 5.6 Gráfica de valor de aportación de los procesos en el caso de estudio del Liceo Metropolitano   | 113 |
| Figura 5.7 Gráfica de valor de aportación de los procesos en el caso de estudio del Gimnasio  | 114 |
| Figura 5.8 Comparativa de gráficas de valor de aportación de los dos casos de estudio   | 115 |
| Figura 5.9 Gráfica de porcentaje de causas directas e indirectas en el caso de estudio del Liceo Metropolitano para Adultos                       | 117 |
| Figura 5.10 Gráfica de porcentaje de causas directas e indirectas en el caso de estudio del Gimnasio  | 118 |
| Figura 5.11 Fotografía de la fachada de acceso por la calle Victoria  | 119 |
| Figura 5.12 Fotografía de la fachada de la calle J. A. Tocornal   | 120 |
| Figura 5.13 Vista del Acceso a Jardín Infantil Apóstol Santiago   | 121 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5.14 Fachada del Jardín Infantil Apóstol Santiago                       | 121 |
| Figura 5.15 Salón de clases de planta alta                                     | 122 |
| Figura 5.16 Plafón de pasillo planta baja                                      | 122 |
| Figura 5.17 Grietas en piso de pasillo de planta baja                          | 123 |
| Figura 5.18 Fisuras y grietas en sala de maestros                              | 123 |
| Figura 5.19 Diagnóstico de grieta resuelto en el proceso de amehesis           | 126 |
| Figura 5.20 Abombamiento de pintura en fachada.                                | 127 |
| Figura 5.21 Análisis causa – efecto de fisuras y grietas en diagonal en muros. | 129 |
| Figura 5.22 Matriz de relaciones de estudios especializados                    | 132 |
| Figura 5.23 Cronograma general de actividades de estudios especializados       | 132 |
| Figura 5.24 Plan de comunicación.  | 133 |
| Figura 5.25 Planteamiento de estudio geotécnico                                | 134 |
| Figura 5.26 Listado de pruebas a realizar                                      | 135 |
| Figura 5.27 Manchas marrón   | 142 |
| Figura 5.28 Impermeabilización en terraza                                      | 143 |
| Figura 5.29 Fotos del exterior e interior del Gimnasio                         | 145 |
| Figura 5.30 Mapeo de daños de Gimnasio   | 148 |
| Figura 5.31 Lesiones en cubierta del Gimnasio                                  | 156 |

---

## Bibliografía

- Alario, Catalá Enrique (2011). Técnicas no destructivas para diagnóstico de elementos constructivos (y II). Obtenido de <http://www.enriquealario.com/tecnicas-no-destructivas-para-diagnostico-de-elementos-constructivos-y-ii/>
- Aragón Cárdenas, J., Flores Corna, L., & López Bátiz, Ó. (Febrero de 2011). *Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural*. Obtenido de [http://www.cenapred.unam.mx/es/RedNacionalEvaluadores/EvaluacionEdificios/documentos/Manual%20Formato%20Captura%20de%20Datos\\_2011-febrero-24.pdf](http://www.cenapred.unam.mx/es/RedNacionalEvaluadores/EvaluacionEdificios/documentos/Manual%20Formato%20Captura%20de%20Datos_2011-febrero-24.pdf)
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (Mayo de 2009). Informe UNE. *UNE 41805-1 IN Diagnóstico de edificios, Parte 1: Generalidades*. Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2010). *Diagnóstico de edificios. Parte 14: Informe del diagnóstico*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Ávila Méndez, J., & Barrios Fernández, V. (2006). *Foro Abierto*. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/bitacora/article/view/26248>
- Baglioni, A., & Guarnerio, G. (s.f.). *La rehabilitación de edificios urbanos. Tecnologías para la recuperación*. México: Gustavo Gili, S. A. .
- Bernal, J. R. (28 de septiembre de 2012). *Habitat, Conservación, Reciclaje & Restauración*. Obtenido de <http://www.revistahabitat.com/noticias/val/55-0/patolog%C3%ADa-en-la-construcci%C3%B3n-errores-en-la-ense%C3%B1anza.html>
- Carta del restauo (s.f). Obtenido de <http://mestradoreabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/boitocartadelrestauo1883.pdf>

- Chávez Vega, J. A., & Álvarez Rodríguez, O. (2008). *Patología, diagnóstico y Rehabilitación de edificaciones*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Madrid. (1994). *Tratamiento y conservación de la piedra en los monumentos*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid.
- Cottom, B. (2001). Obtenido de <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/derycul/cont/4/ens/ens11.pdf>
- Damazo, Juárez José Daniel (2006). *Las estructuras no son eternas*. IMCYC. Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2006/mayo06/>
- Díaz, C., & Casado, N. (2002). *Inspección y diagnosis. Pautas para la intervención en edificios de viviendas*. Barcelona: Col.legi d' Arquitectes de Catalunya.
- Elguero, A. (2004). *Patologías elementales*. Argentina: Nobuko.
- Fatiguso, F., & Scioti, A. (2013). *Diagnostic methodological approach: innovative aspects for masonry structures*. Obtenido de [http://site.cibworld.nl/dl/publications/pub\\_393.pdf](http://site.cibworld.nl/dl/publications/pub_393.pdf)
- Fernández Canovas, M. (1984). *patología terapéutica del Hormigón Armado*. España: Dossat.
- Fiche Pathologie du Batimênt (s.f.). Obtenido de <http://www.qualiteconstruction.com/outils/fiches-pathologie.html>
- Fiol Olivan, F. (2014). *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. Burgos: Universidad de Burgos.
- García Rodríguez, F. (2014). *Evaluación de estructuras de concreto. Técnicas y materiales para su reparación*. México: Instituto Mexicano del cemento y del Concreto A.C.
- González, Couret Dania (2002), "Vivienda y sustentabilidad urbana conceptos y propuestas". Vol XXIV, Arquitectura y Urbanismo, Cuba.

- 
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (s.f.). *Normas generales de seguridad del instituto nacional de antropología e historia*. Obtenido de <http://www.normateca.inah.gob.mx/documents/normasgeneralesINAH.pdf>
- Kubal, M. (2008). *Cosntruction waterproofing handbook*. Mc Graw Hill.
- Larios Villalta, C. (Julio de 2009). Obtenido de <http://www.marc.ucsb.edu/sites/www.marc.ucsb.edu/files/pdfs/Rudy%20LariosmanualFINAL240809.pdf>
- Lasheras Merino, F. (Marzo de 2006). *Recopar*. Obtenido de [polired.upm.es/index.php/recopar/article/download/2101/2177](http://polired.upm.es/index.php/recopar/article/download/2101/2177)
- Larios ,Villalta Carlos Rudy (2009). *Manual de criterios de restauración para la arquitectrua prehispánica*. Obtenido de [www.marc.ucsb.edu/sites/.../Rudy%20LariosmanualFINAL240809.pdf](http://www.marc.ucsb.edu/sites/.../Rudy%20LariosmanualFINAL240809.pdf)
- Mansur, A., & Mansur, H. (2006). *Diagrama de causa – efecto para las patologías de fachadas*.
- Molnárka, G. (2000). *problems in failure analysis in building paghology*. Obtenido de <http://www.sze.hu/~mgergo/publikaciok/Problems%20in%20Failure%20Analysis%20in%20Building%20Pathology.pdf>
- Monjo Carrió, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Madrid: Munilla - Lería.
- Monk, F. (1996). *Patología d ela piedra y los materiales de la construcción*. Buenos Aires: CEPRARA.
- Muñoz, Hidalgo Manuel (2012). *Manual de patología de la edificación*. Madrid.
- Murguía, Díaz Miguel, et. al. (1997), "Detalles de Arquitectura". Árbol Editorial, S.A. de C.V., México.
- Núñez Jover, J. (s.f.). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*. Obtenido de <http://www.inder.cu/indernet/Provincias/hlg/documentos/textos/P%20S%20DE%20LA%20CIENCIA%20Y%20LA%20TECNOLOGIA/P%20S%20DE%20LA%20CIENCIA%20Y%20LA%20TECNOLOGIA.pdf>



- Olivé, L., & Pérez Tamayo, R. (2011). *Temas de ética y epistemología de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Páramo, A. (16 de Septiembre de 2015). *Sismo 85. el temblor que despertó a la ciudad*. Obtenido de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/09/16/1046025>
- Petty, S. (2013). *Forensic Engineering. Damage Assessments for Residential and Commercial Structures*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*. Pensilvania: Project Management Institute.
- Ramírez, P., Fouillioux, M., & Fossa, L. (26 de Agosto de 2010). *A seis meses del terremoto: Los cambios en normas de la construcción que impulsa la ministra Matte*. Obtenido de <http://ciperchile.cl/2010/08/26/a-seis-meses-del-terremoto-los-cambios-a-las-normas-de-la-construccion-que-impulsa-la-ministra-matte/>
- Rodríguez García, P. L., & Rodríguez, P. L. (1999). *Principio técnicos para afealizar la anamnesis*. Obtenido de [http://www.bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol15\\_4\\_99/mgi11499.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol15_4_99/mgi11499.pdf)
- Ramírez, P., Schüller, Ú., & Avendaño, F. (07 de Abril de 2010). Estudio de edificio de Penta revela falla que se repite en modernas torres afectadas por el terremoto. (C. C. Periodística, Ed.) Recuperado el 23 de septiembre de 2016, de Reportajes de investigación: <http://ciperchile.cl/2010/04/07/estudio-de-edificio-de-penta-revela-la-falla-estructural-que-se-repite-en-las-modernas-torres-afectadas-por-el-terremoto/>
- Roth, L. M. (2010). *Entender la arquitectura sus elementos, historia y significado*. Barcelona: Editoria Gustavo Gili.
- Ruiz Gorrindo, F. (Noviembre de 2014). *Escala de gravedad de daños en edificios: de la asignación directa a la contrastación estadística*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Salud. Enciclopedia de Salud, Dietética y Psicología. (16 de Febrero de 2016). *enciclopediasalud.com*. Obtenido de <http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/anamnesis>

- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (15 de agosto de 2012). Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5264340&fecha=15/08/2012)
- Serrano Alcudia, F. (1998). *Patología de la edificación. El lenguaje de las grietas*. Madrid: Fundación Escuela de la Edificación.
- UNESCO. (s.f.). Desarrollo Sostenible. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/>
- Villagra Villanueva, J. A. (2015). *Indicadores de gestión. Un enfoque práctico*. México: CENGAGE Learning.
- Yepes Piqueras, V. (2 de Diciembre de 2014). La "ley de los Cincos" de Sitter, o cómo tirar el dinero en las obras. Recuperado el 02 de octubre del 2016, de <http://victoryepes.blogs.upv.es/2014/12/02/calidad-diseno-proyecto-evita-costes-infraestructuras/>
- Zuñiga, E. (29 de Julio de 2013). *Viviendas en las principales ciudades de México*. Obtenido de <http://archivo.de10.com.mx/vivir-bien/2013/el-precio-de-las-casas-en-las-12-principales-ciudades-de-mexico-17011.html>